

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Автоматизация системы учета газа газокompрессорной станции

УДК 681.51:004.896:622.691.4.05

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т52	Люкшенов Александр Сергеевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Заревич Антон Иванович	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский В. Ю.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Матвиенко В. В.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Воронин А. В.	К.Т.Н.		

Томск – 2020 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Демонстрировать базовые естественнонаучные и математические знания для решения научных и инженерных задач в области анализа, синтеза, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств. Уметь сочетать теорию, практику и методы для решения инженерных задач, и понимать область их применения.
P2	Иметь осведомленность о передовом отечественном и зарубежном опыте в области теории, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств.
P3	Применять полученные знания для определения, формулирования и решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных систем автоматизации технологических процессов и производств с использованием передовых научно-технических знаний и достижений мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
P4	Уметь выбирать и применять соответствующие аналитические методы и методы проектирования систем автоматизации технологических процессов и обосновывать экономическую целесообразность решений.
P5	Уметь находить необходимую литературу, базы данных и другие источники информации для автоматизации технологических процессов и производств.
P6	Уметь планировать и проводить эксперимент, интерпретировать данные и их использовать для ведения инновационной инженерной деятельности в области автоматизации технологических процессов и производств.
P7	Уметь выбирать и использовать подходящее программно-техническое оборудование, оснащение и инструменты для решения задач автоматизации технологических процессов и производств.
<i>Универсальные компетенции</i>	
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы с ответственностью за риски работы коллектива при решении инновационных инженерных задач в области автоматизации технологических процессов и производств, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам
P10	Иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду.
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки (специальность) – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
 Уровень образования – Бакалавриат
 Отделение школы (НОЦ) - Отделение автоматизации и робототехники
 Период выполнения осенний / весенний семестр 2019 /2020 учебного года

Форма представления работы:

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Основная часть	60
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсбережение	20
	Социальная ответственность	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Заревич Антон Иванович	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Воронин А. В.	К.Т.Н.		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки (специальность) – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Воронин А. В.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т52	Люкшенову Александру Сергеевичу

Тема работы:

Автоматизация учета газа газокompрессорной станции	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	28.02.2020 г. № 59-64/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объект исследования – узел учета газа Режим работы – непрерывный. Вид сырья – газ. АС должна обеспечивать следующее: местный визуальный контроль основных параметров технологического процесса; автоматическое поддержание остановки и блокировку программы заданного технологического режима работы станции; плановую автоматическую остановку станции; аварийную автоматическую пускa установки с подачей звуковой и световой
--	--

	сигнализации при отклонении от установленных значений основных технологических параметров.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Описание технологического процесса <ul style="list-style-type: none"> • Разработка структурной схемы АСУ • Разработка схемы информационных потоков • Выбор комплекса аппаратно-технических средств • Разработка экранных форм • Разработка алгоритмов управления • Разработка схемы соединения внешних Проводок
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Функциональная схема автоматизации; Схема соединения внешних проводок; Перечень входных/выходных сигналов технологического процесса; SCADA–формы экранов мониторинга и управления диспетчерского пункта.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
1 Основная часть	Доцент ОАР ИШИТР, к.т.н., Заревич А. И.
2 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент ОСГН ШБИП, к.э.н., Конотопский В.Ю.
3 Социальная ответственность	Ассистент ООД ШБИП Матвиенко В. В.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Заревич А. И.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т52	Люкшенов Александр Сергеевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т52	Люкшенову Александру Сергеевичу

Школа	ИИШТР	Отделение школы (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Использовать действующие ценники и договорные цены на потребленные материальные и информационные ресурсы, а также указанную в МУ величину тарифа на эл. энергию
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	-
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Действующие ставки единого социального налога и НДС (см. МУ)

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Оценка готовности полученного результата к выводу на целевые рынки, краткая характеристика этих рынков
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Построение плана-графика выполнения ВКР, составление соответствующей сметы затрат, расчет величины НДС и цены результата ВКР
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Качественная и количественная характеристика экономического и др. видов эффекта от внедрения результата, определение эффективности внедрения

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. График проведения и бюджет НИ
2. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский Владимир Юрьевич	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т52	Люкшенов Александр Сергеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т52	Люкшенову Александру Сергеевичу

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Автоматизация технологических процессов и производств

Тема ВКР:

Совершенствование автоматизированной системы управления блоком теплообменников установки комплексной подготовки газа	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является система учета газа. Рабочая зона оператора АСУ ТП располагается в специально оборудованном помещении, где работник занимается непосредственно своими обязанностями. Область применения объекта – производство, занимающееся транспортировкой газа.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018) ст. 253,119,118, 147, 117[27]; – ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ [28]; – ГОСТ 23000-78[29].
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<ul style="list-style-type: none"> – Превышение уровня вибрации – Превышение уровня шума – Повышенное значение электромагнитного излучения – Электроопасность
3. Экологическая безопасность:	<ul style="list-style-type: none"> – загрязнение атмосферы – загрязнение литосферы – загрязнение гидросферы
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией является <ul style="list-style-type: none"> – возникновение пожара

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД	Матвиенко Владимир Владиславович			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т52	Люкшенов Александр Сергеевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа выполнена на 107 страницах, содержит 18 рисунков, 23 таблицы, 46 источников литературы, 6 приложений.

Объектом исследования является узел учета газа, расположенный на газораспределительной станции.

Целью работы является повышение точностных и экономических характеристик автоматизированного узла учета газа.

В ходе выполнения данной работы были разработаны: функциональная схема автоматизации, структурная схема, схема информационных потоков, схема соединений внешних проводок.

Помимо этого, в данной выпускной квалификационной работе подобрано современное оборудование, которое имеет высокую точность измерения и способно работать с необходимыми технологическими параметрами.

Проведена разработка алгоритмического обеспечения технологического процесса. Были разработаны такие алгоритмы, алгоритм сбора данных с датчиков, алгоритм автоматического регулирования технологическим параметром с использованием ПИД-регулятора.

Проведена разработка типовых экранных форм системы учета газа. Для выполнения работы использовались программные продукты Microsoft Visio 2013, Matlab R2019a, Siemens TIA Portal V15.1.

Ключевые слова: АСУ ТП, узел учета газа, система измерения количества газа, измерительные линии, система автоматического регулирования, SCADA-система, экранные формы, алгоритм.

Оглавление

Введение.....	16
1 Описание и характеристики проекта автоматизации	17
1.1 Назначение и цели создания АСУ ТП.....	17
1.2 Требования к составу системы.....	18
1.3 Требования к системе	18
1.3.1 Требования к системе в целом.....	18
1.3.2 Требования к функциональным возможностям системы	18
1.3.4 Требования к метрологическому обеспечению	21
1.3.5 Требования к программному обеспечению	21
1.3.6 Требования к математическому обеспечению.....	22
1.3.7 Требования к информационному обеспечению	22
2 Разработка проекта и подбор оборудования	24
2.1 Описание технологического процесса.....	24
2.2 Разработка структурной схемы	25
2.3 Функциональная схема автоматизации	26
2.4 Создание схемы информационных потоков	28
2.5 Выбор средств реализации	30
2.5.1 Выбор контроллерного оборудования.....	31
2.5.2 Выбор оборудования передачи данных.....	33
2.5.3 Выбор модулей ввода вывода.....	35
2.5.3.1 Интерфейсный модуль.....	35
2.5.3.2 Сигнальные модули ввода вывода	36
2.5.3.2.1 Цифровые модули ввода вывода	37
2.5.3.2.2 Аналоговые модули ввода вывода	37
2.5.4 Выбор датчиков.....	37
2.5.4.1 Выбор датчиков давления	37
2.5.4.2 Выбор датчиков температуры.....	39
2.5.4.3 Выбор газоанализатора.....	42
2.5.4.4 Выбор датчика расхода.....	43
2.6 Выбор исполнительных механизмов	46
2.6.1 Выбор регулирующего клапана.....	46

2.7	Создание схемы внешних проводок	48
2.8	Разработка алгоритмов управления АС.....	50
2.8.1	Алгоритм сбора данных с датчиков.....	50
2.8.2	Алгоритма автоматического регулирования технологическим параметром	50
2.8.3	Анализ поведения системы при возмущающем воздействии	56
2.8	Разработка программного обеспечения для ПЛК	57
2.9	Экранные формы АС.....	58
3	Планирование научно-исследовательских работ.....	62
3.1	Структура работ в рамках научного исследования	62
3.2	Разработка графика проведения научного исследования	63
3.3	Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	67
3.3.1	Расчет материальных затрат НТИ.....	67
3.3.2	Расчет затрат на специальное оборудование	69
3.3.3	Основная заработная плата исполнителей темы	70
3.3.4	Расчет затрат на единый социальный налог	71
3.3.5	Расчет затрат на электроэнергию	71
3.3.6	Расчет амортизационных расходов.....	72
3.3.7	Расчет прочих расходов	73
3.3.8	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .	74
3.4	Оценка экономической эффективности проекта	75
4	Социальная ответственность.....	76
4.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	76
4.2	Производственная безопасность	77
4.2.1	Анализ вредных и опасных производственных факторов.....	77
4.2.2	Анализ вредных факторов.....	77
4.2.2.1	Повышенный уровень шума	77
4.2.2.2	Повышенный уровень вибрации	79
4.2.2.3	Повышенный уровень электромагнитного излучения.....	80
4.2.3	Анализ опасных факторов.....	81
4.2.3.1	Электробезопасность	81
4.3	Экологическая безопасность.	83

4.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду.....	83
4.3.2 Анализ влияния процесса эксплуатации объекта на окружающую среду.....	83
4.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.	84
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	85
4.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.....	85
4.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследований.	86
4.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.	87
4.5 Вывод по разделу социальная ответственность	88
Заключение	89
Список источников	90
Приложение А (Обязательное) Структурная схема	94
Приложение Б (Обязательное) Функциональная схема.....	96
Приложение В (Обязательное) Схема информационных потоков	98
Приложение Г (Обязательное) Перечень входных / выходных сигналов	100
Приложение Д (Обязательное) Схема соединения внешних проводок	102
Приложение Е (Обязательное) Блок схема алгоритма.....	106

Термины и определения

Для данной работы применены следующие термины с соответствующими элементами:

автоматизированная система (АС): Совокупность аппаратных и программных средств. АС используется при управлении процессами в рамках технологического процесса.

архитектура автоматизированной системы: Совокупность организационных решений, а также набор интерфейсов и структурных элементов.

интерфейс: Набор правил и средств, обеспечивающих нормальное взаимодействие между устройствами, программными системами и между системой и пользователями.

программируемый логический контроллер: Микропроцессорное устройство, предназначенное для сбора, преобразования, обработки, хранения информации и выработки команд управления, и предназначенный для работы в режимах реального времени

протокол: Набор команд, позволяющих осуществить обмен и соединение между программируемыми устройствами.

технологический процесс: Последовательные технологические операции, которые необходимы, чтобы выполнить определённый вид работ.

SCADA: Инструментальная программа, предназначенная для проектирования ПО АСУ.

OPC-сервер: Программный комплекс, предназначенный для автоматизированного сбора технологических данных с объектов и предоставления этих данных системам диспетчеризации по протоколам OPC.

SQL: Язык программирования, применяемый для создания, модификации и управления данными в реляционной базе данных, управляемой соответствующей системой управления базами данных.

Обозначения и сокращения

В данном разделе приведены обозначения и сокращения по тексту:

АС – Автоматизированная система;

АСУ – Автоматизированная система управления;

АУУГ – Автоматизированный узел учета газа;

АРМ – Автоматизированное рабочее место;

АЦП – Аналого-цифровой преобразователь;

БИЛ – Блок измерительных линий;

БД – База данных;

ИЛ – Измерительная линия;

КИПиА – Контрольно-измерительные приборы и автоматика;

ЛВС – Локальная вычислительная сеть;

НС – Нержавеющая сталь;

ПЛК – Программируемый логический контроллер;

ПО – Программное обеспечение;

ПУ – Поверочная установка;

САУ – Система автоматического управления;

СИ – Средства измерения;

СОИ – Система сбора и обработки информации;

ТП – Технологический процесс;

ФСА – Функциональная схема автоматизации.

Введение

Автоматизированные системы управления технологическим процессом позволяют решать множество задач, приводящих к замещению человеческого труда аппаратным. Вследствие чего уменьшается влияние человеческого фактора на технологический процесс, происходит упрощение задач, выполняемых человеком. Современные технологии позволяют контролировать процессы на предприятии на всех уровнях производства и управлять ими в режиме реального времени.

Система измерения количества и параметров качества газа обеспечивает автоматизированный учет природного газа. Узел учета газа представляет собой комплекс средств измерений, которые дают информацию по таким показателям, как объемный, массовый расход, давление, температура.

Проанализировав вышесказанное, можно прийти к выводу, что узел учёта газа играет важную роль в системе транспортировки природного газа, и его автоматизация положительно отразится на технологическом процессе в целом.

Объектом исследования является узел учета газа, расположенный на газокompрессорной станции.

Целью выпускной квалификационной работы является автоматизация системы учета газа газокompрессорной станции с использованием программируемого локального контроллера, с применением полученных теоретических и практических знаний в области проектирования автоматизированных систем, объектов нефтегазовой отрасли

Для поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Изучение и описание технологического процесса учета газа.
2. Разработка функциональной схемы автоматизации.
3. Разработка структурной схемы АС.
4. Выбор средств автоматизации.
5. Разработка схемы внешних проводок.
6. Разработка экранной формы АСУ ТП.
7. Разработка алгоритмов автоматического управления.

1 Описание и характеристики проекта автоматизации

1.1 Назначение и цели создания АСУ ТП

Автоматизация системы учета газа газокompрессорной станции необходима, поскольку отсутствовали алгоритмы автоматического управления измерительными линиями.

Помимо этого, использовались турбинные расходомеры, которые характеризуются низкой надежностью, достаточно высокой погрешностью, а также отсутствием возможности передачи данных удаленно в реальном времени.

В связи с непрерывностью технологического процесса при транспортировке газа по трубопроводу, важно разработать автоматизированную систему (АС) автоматического регулирования, сигнализации и контроля технологическим процессом. Данная система обязана обеспечить безопасную работу участка, учитывая технологические параметры процесса и сигнализируя об отклонениях данных параметров.

Основные задачи, которые способна решать разработанная АСУ ТП:

- улучшение качества ведения ТП и его безопасности;
- увеличение скорости действий работников благодаря повышению уровня достоверности и информативности данных;
- повышение эффективности технологических процессов УУГ;
- улучшение трудовых условий;
- увеличение организации управления ТП.
- передача текущей информации в центральный диспетчерский пункт

Целями создания АСУ ТП являются:

- обеспечение надежной и безаварийной работы производства;
- стабилизация эксплуатационных показателей технологического оборудования и режимных параметров технологического процесса;
- уменьшение материальных и энергетических затрат;
- предотвращение аварийных ситуаций;
- сигнализация об аварийных случаях на контролируемых объектах;

- оповещение оператора о выходе контролируемых параметров за допустимые пределы;
- дистанционная передача дискретной информации о состоянии контролируемых объектов;
- дистанционное управление работой технологического оборудования на технологическом объекте.

1.2 Требования к составу системы

Система состоит из:

1. Блок измерительных линий (БИЛ):

- число рабочих измерительных линий – 2.

2. Блок измерений параметров газа:

- наличие датчиков: расхода, температуры и давления на выходе.

3. Технологические трубопроводы.

4. Шкафы приборные.

5. Система сбора и обработки информации (СОИ).

1.3 Требования к системе

1.3.1 Требования к системе в целом

Разрабатываемая автоматизированная система управления обязана отвечать требованиям ГОСТ 21.408-13 «Автоматизированная система управления. Общие требования», с учетом нижеизложенных требований [1].

1.3.2 Требования к функциональным возможностям системы

Система должна иметь структуру, которая соответствует магистрально-модульному принципу построения, также необходима сетевая организация обмена информацией между устройствами [2].

Для подключения к разрабатываемой системе смежных систем и приборов с интерфейсным выходом, последние должны заказываться заказчиком и поставляться в комплекте с протоколами связи.

Необходимо, чтобы система функционировала круглосуточно.

Система должна иметь переносные и встроенные средства диагностирования и контроля, которые в свою очередь обязаны обеспечивать:

- Фоновый контроль компонентов АС (контроллеры, станции персонала и операторов) во время функционирования.
- Тестовый контроль компонентов при включении или перезапуске, предназначенный для детального самоконтроля и определения функциональных отказов при включении устройства.
- Контроль элементов системы при проведении ремонтно-восстановительных работ.

Система должна иметь гибкую структуру, легко адаптироваться к изменению технологической схемы установки, обеспечивать конфигурирование новых контуров измерения, контроля, регулирования и программно-логического управления.

Система должна обеспечивать возможность управления установкой в случае несущественных изменений технологии или методов управления путем переналадки контуров управления силами обслуживающего персонала.

Система должна быть многофункциональным, восстанавливаемым, ремонтируемым изделием.

1.3.3 Требования к техническому обеспечению

Комплекс используемых в системе технических средств должен быть минимально достаточным для обеспечения функций, указанных в данном техническом задании. Построение комплекса проводится на базе нижеуказанных программно-технических комплексов:

- Контрольно-измерительные приборы и автоматика (датчики, исполнительные механизмы, управляемые регуляторы и т.д.);
- Контроллеры или подсистемы управления;
- Сенсорная панель управления (HMI);

- Станция оператора;
- Средства архивирования данных;
- Сетевое оборудование.

Средства измерения (СИ) используемые в данном комплексе должны иметь стандартные сигналы диапазоном (4 – 20) мА.

Показатели надежности датчиков общепромышленного назначения рекомендуется выбирать, ориентируясь на показатели мирового уровня и лучшие образцы отечественных изделий, а именно:

- время наработки на отказ не менее 100 тыс. час;
- срок службы не менее 10 лет.

Программно-технический комплекс АС должен допускать возможность наращивания, модернизации и развития системы, а также иметь резерв по каналам ввода/вывода не менее 20 %.

Контроллеры должны иметь модульную архитектуру, позволяющую свободную компоновку каналов ввода/вывода. При необходимости ввода сигналов с датчиков, находящихся во взрывоопасной среде, допускается использовать как модули с искробезопасными входными цепями, так и внешние барьеры искробезопасности, размещаемые в отдельном конструктиве.

Комплекс технических средств должен удовлетворять требованиям устойчивости, а именно безотказная работа в заданном режиме в реальных условиях окружающей среды или искусственно создаваемых на местах их размещения. Применяемые технические средства должны:

- быть ремонтпригодными и заменяемыми;
- работать от питания промышленных сетей [3].

1.3.4 Требования к метрологическому обеспечению

Пределы допускаемой относительной погрешности измерений не должны превышать значений, указанных в ГОСТ Р 8.595-2004.

В составе системы должны применяться СИ, внесенные в Государственный реестр средств измерений Российской Федерации и допущенные к применению в установленном порядке. Данные СИ должны проходить первичную и периодическую поверки в установленном законодательством Российской Федерации порядке, органами Росстандарта или аккредитованными метрологическими службами юридических лиц при выпуске из производства или ремонта и эксплуатации [4].

Первичную и периодическую поверки средств измерений, входящих в состав системы, проводят в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:

- 1 Поверка термометров – по ГОСТ 8.279.
- 2 Поверка преобразователей давления – по МИ 1997.
- 3 Поверка манометров – по МИ 2124.

1.3.5 Требования к программному обеспечению

Программные средства разрабатываемой системы управления технологическим процессом обязаны соответствовать перечисленным требованиям:

- функциональная достаточность;
- восстанавливаемость;
- возможность модификации;
- построение модульным типом;
- удобство использования.

Программные средства должны быть достаточными для обеспечения заданного функционала системы при их совместной работе с техническими средствами. Построение программного обеспечения должно отвечать

требованию независимости: отсутствие отдельных данных не должно оказывать влияния на выполнении функций автоматизированной системы управления технологическим процессом учета газа (АСУ ТП УГ), в работе которых эти данные не участвуют.

Программное обеспечение АС должно состоять из системного, общего прикладного и специального прикладного ПО [5].

1.3.6 Требования к математическому обеспечению

Математическое обеспечение АС должно представлять собой совокупность математических методов, моделей и алгоритмов обработки информации, используемых при создании и эксплуатации АС и позволять реализовывать различные компоненты АС средствами единого математического аппарата.

Методы и алгоритмы должны быть представлены в форме, допускающей их реализацию в программном обеспечении. При создании математического обеспечения низовой автоматики следует пользоваться стандартным набором функций, реализуемых программно-техническими средствами [2].

1.3.7 Требования к информационному обеспечению

Информационное обеспечение – набор данных, сигналов (входных и выходных), достаточный как по объему, так и по содержанию, для обеспечения стабильной работы всех автоматизированных функций АС, оперативной и достоверной оценки состояния оборудования. Одной из основных задач при разработке информационного обеспечения является организация человеко-машинного интерфейса.

Информационное обеспечение включает в себя:

- информационные массивы, в которые входят входная аналоговая и цифровая информация, результаты расчетов и наиболее значимые промежуточные результаты, а также справочная информация;
- описание процедуры передачи и сбора необходимой информации;

- систему, организующую базу данных в реальном времени и архивных данных;
- формы различных выходных документов, таких как входные листы и ведомости;
- распределенная структурированная база данных, хранящая систему объектов:
- средства ведения и управления базами данных.

2 Разработка проекта и подбор оборудования

2.1 Описание технологического процесса

С измерительных установок, которые находятся на кустах месторождения, газонефтяная смесь поступает в коллектор сбора и затем подается на вход установки предварительного отделения газа (УПОГ). В результате движения по сборным коллекторам газонефтяной смеси наблюдается падение давления, которое может привести к частичному выделению газа из смеси [6].

После сепараторной установки газ по трубопроводу поступает на газокompрессорную станцию (ГКС). На ГКС, газ проходит технологическую обработку, где удаляются избытки влаги и механические примеси. После ГКС газ по трубопроводу поступает на узел учета газа.

УУГ состоит из двух ниток трубопровода. Данные нитки имеют одинаковый диаметр и являются основной и резервной.

На нитках установлены клапана как при входе, так и при выходе из УУГ. Они служат как для загрузки трубопровода, так и для отсечения какой-либо из ниток при необходимости.

На каждой нитке определяется:

- давление газа;
- температура газа;
- расход газа;

Все показания автоматически передаются на распределительный щит в помещение контрольно-измерительных приборов и автоматики (КИПиА), после они передаются на монитор оператора в виде, таблицы. На нитках так же установлены дублирующие устройства виде манометра, датчика температуры, ртутного градусника.

Все электроприводы от датчиков находящиеся в помещении УУГ проведены в помещение КИПиА на щиты распределители. Каждый датчик имеет выход на определенный щит. В помещении КИПиА находятся несколько распределительных щитов:

- контроллер;
- датчик загазованности;
- сирена пожарной тревоги;
- вентиляционная система;

С распределительных щитов помещения КИПиА информация всех устройств поступает на монитор оператора.

2.2 Разработка структурной схемы

Проектирование автоматизированной системы учета газа газораспределительной станции выполнено по принципу трех уровней.

Структурная схема приведена в приложении А.

Нижний уровень, включает в себя: датчики для сбора информации, электроприводы и исполнительные механизмы для регулирующих и управляющих воздействий. Датчики поставляют информацию локальному программируемому логическому контроллеру. Для контроля различных технологических параметров предполагается использование средств КИПиА.

Средний уровень, данный уровень состоит из контроллеров и прочих аналого-цифровых устройств преобразования. Реализует сбор и первичную обработку информации с устройств нижнего уровня, контроль необходимых параметров, сопряжение с верхним уровнем.

На основе информации, поступившей на средний уровень, формируются команды управления (автоматически или оператором).

В данной проектируемой системе средний уровень представлен распределённой системой управления, представляющей собой шкаф САУ. Шкаф построен с использованием ПЛК.

Верхний уровень, на данном уровне происходит сбор, обработка и объединение в базу данных информации с нижних уровней. Кроме того, производится индикация необходимых параметров и процессов, регистрация и хранение информации.

Здесь происходит формирование отчетной документации и осуществление управления технологическими режимами системы. Данный уровень можно структурно разделить на:

1. АРМ оператора:
 - Операционная система;
 - SCADA-система;
 - Система безопасности;
 - БД реального времени;
2. Серверную часть.

АРМ предназначено для отображения необходимого объема информации в удобном для восприятия виде и приема команд управления от оператора. Данные могут быть предоставлены в графическом исполнении и в виде отчетной документации.

С помощью серверной части выполняется хранение, обработка и обмен информацией, например, между КС и промышленной площадкой.

2.3 Функциональная схема автоматизации

Функциональная схема автоматизации – технический документ, который входит в основной комплект рабочих чертежей проектируемой САУ, в соответствии с ГОСТ 21.408-2013. ФСА предназначена для отображения основных технических решений при проектировании.

На функциональной схеме автоматизации представляют технологическое оборудование, а также связующие компоненты (например, трубо и газопроводы) автоматизированной системы, средства автоматизации и контуры, отвечающие за управление, регулирование и контроль.

Все элементы систем управления показываются в виде условных изображений и объединяются в единую систему линиями функциональной связи. Средства автоматизации и приборы изображаются, согласно ГОСТ 21.208-2013.

Разработанная автоматизированная система учета газа газораспределительной станции представляет следующее:
местный контроль:





- давление газа в коллекторе;
- давление газа в измерительной линии 1;
- давление газа в измерительной линии 2;
- температура газа в измерительной линии 1;
- температура газа в измерительной линии 2;



удаленный контроль:

- давление газа на входе и выходе охладителя;
- температура газа на входе и выходе охладителя;
- расход газа в час;
- управление исполнительными механизмами.

В приложении Б приведена функциональная схема автоматизации учета газа.

ФСА содержит в себе следующие графические обозначения:

- 1  Прибор для измерения расхода бесшкальный, с дистанционной передачей показаний, установленный по месту.
- 2  Прибор для измерения температуры бесшкальный, с дистанционной передачей показаний, установленный по месту.
- 3  Прибор для измерения давления бесшкальный, с дистанционной передачей показаний, установленный по месту.
- 4  Прибор для измерения давления показывающий, установленный по месту.

- 5  Прибор для измерения температуры показывающий, установленный по месту.
- 6  Оборудование для управления давлением, установленное удалённо [9].

2.4 Создание схемы информационных потоков

Схема информационных потоков приведена в приложении В.

Данную схему можно разделить на несколько уровней:

1 На первом уровне представлены датчики, исполнительные устройства и шкаф модулей ввода – вывода. Отсюда на средний уровень поступают необходимые данные и сигналы (цифровые, аналоговые) измерения и состояния. Взамен со среднего уровня к датчикам и исполнительным устройствам поступают команды управления и настройки [10].

2 На следующем уровне ПЛК направляет потоки преобразованной информации, как на автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора, так и в сервер архивирования. АРМ принимает и отображает полученную информацию. От АРМ могут поступать команды управления, передаваемые на ПЛК. Действия оператора в виде журналов событий, системных сообщений направляются в сервер архивирования. В сервере архивирования вся полученная информация структурируется, после чего информация передается в базы данных. Обращаться к базе данных возможно посредством SQL запросов, например, «Показать данные о параметрах ТП за сутки (неделю)» и т.п.

3 Верхний уровень представлен базой данных информационной сети и АРМ диспетчера, общение между которыми происходит также по средствам SQL запросов.

Параметры, передаваемые в локальную вычислительную сеть в формате стандарта OPC, включают в себя:

- расход газа, м³/ч;
- температура газа, °C;

- давление газа, МПа;

Каждый элемент контроля и управления имеет свой идентификатор (ТЕГ), состоящий из символьной строки. Структура шифра для сигналов от датчиков имеет следующий вид: «AAA_BBB_CCCC», где

- AAA – параметр, 3 символа, может принимать следующие значения:
 - PRS – давление;
 - TMP – температура;
 - FLW – расход;
 - REG – регулирование;
 - QUA – загазованность.
- BBB – код технологического аппарата (или объекта), 3 символа:
 - UUG – узел учета газа;
 - IL1 – измерительная линия 1;
 - IL2 – измерительная линия 2;
 - GCR – газ в коллекторе;
- CCCC – уточнение, не более 4 символов:
 - WORK – в работе;
 - STS – состояние.
 - HH – максимальное аварийное значение превышено;
 - H – максимальное допустимое значение превышено;
 - L – минимальное допустимое значение превышено;
 - LL – максимальное аварийное значение превышено;

Знак подчеркивания _ в данном представлении служит для отделения одной части идентификатора от другой и не несет в себе какого-либо другого смысла.

Структура шифра для трубопроводной арматуры принимает следующий вид: «AAA_BBBB_CCCC», где

- AAA – идентификатор типа трубопроводной арматуры. В данной работе используются только клапана, следовательно, идентификатор всегда будет принимать значение «KL».
- BBBB – код клапана в функциональной схеме автоматизации;
- CCCC – уточнение, не более 4 символов, которая может принимать значение:
 - OPN - открыть;
 - CLS - закрыть;
 - STP – стоп;
 - SP – задание;
 - OPND – процент открытия;
 - ALRM – авария;
 - POPN – открыто;
 - PCLS – закрыто;
 - STPD – остановлено.

Перечень сигналов разрабатываемой АСУТП в SCADA-системе представлен в Приложении Г.

2.5 Выбор средств реализации

Задачей выбора программно–технических средств реализации проекта АС является анализ вариантов, выбор компонентов АС и анализ их совместимости.

Программно–технические средства АС включают в себя: измерительные и исполнительные устройства, контроллерное оборудование, а также системы сигнализации.

Измерительные устройства осуществляют сбор информации о технологическом процессе. Исполнительные устройства преобразуют электрическую энергию в механическую или иную физическую величину для осуществления воздействия на объект управления в соответствии с выбранным

алгоритмом управления. Контроллерное оборудование осуществляет выполнение задач вычисления и логических операций.

2.5.1 Выбор контроллерного оборудования

При выборе контроллерного оборудования было рассмотрено несколько вариантов:

- Контроллеры компании Allen-Bradley – ControlLogix 5580 [11].
- Контроллеры компании Schneider Electric – Modicon M580 Safety [12].
- Контроллеры компании Siemens AG – Simatic S7 1500 [13].

В таблице 1 отображены сравнительные характеристики.

Таблица 1 – Технические характеристики контроллеров

Производитель Семейство Модель	Schneider Electric Modicon Modikon 580	Allen-Bradley ControlLogix 5580 1756-L81ES	Siemens AG SIMATIC S7-1500 CPU 1513R-1PN
Поддержка Резервирования	Да	Да	Да
Время обработки ЦП	0,08 мкс	0,08 мкс	0,08 мкс
Число модулей ввода-вывода	2048	2048	2048
Поддержка функций ПИД регулирования	Да	Да	Да
Язык программирования	LAD – Да FBD – Да STL – Да SCL – Да CFC – Да GRAPH – Да	LAD – Да FBD – Да STL – Да SCL – Да CFC – Да GRAPH – Да	LAD – Да FBD – Да STL – Да SCL – Да CFC – Нет GRAPH – Да
Время наработки на отказ	600000 часов	500000 часов	615000 часов
Стоимость в рублях	143134	161277	87800

Все контроллеры так или иначе имеют схожие характеристики и могут быть оборудованы дополнительными модулями.

С учётом вышеприведённых характеристик, а также по соотношению цена-качество будем использовать два ПЛК фирмы SIEMENS AG семейства SIMATIC S7 1500, CPU 1513R-1PN который показан на рисунке 1.



Рисунок 1 – ПЛК SIMATIC S7 1500, CPU 1513R-1PN

CPU 1513R-1 PN – это резервируемый ПЛК с большим объемом памяти программ и данных для приложений, которые предъявляют более высокие требования к доступности по сравнению со стандартными CPU.

Может использоваться как контроллер PROFINET IO. Интегрированный интерфейс PROFINET IO RT сконфигурирован как двухпортовый коммутатор, что позволяет установить в системе кольцевую топологию, необходимую для SIMATIC S7-1500R.

К центральному процессору (CPU) программируемого контроллера S7-1500 могут быть подключены

- сигнальные модули для ввода и вывода дискретных и аналоговых сигналов;

- коммуникационные модули для подключения S7-1500 к промышленным сетям PROFIBUS/Industrial Ethernet/PROFINET, Modbus TCP/Ethernet а также организации последовательной передачи данных через PtP интерфейс;
- интерфейсные модули, для связи базового блока контроллера со стойками расширения.

2.5.2 Выбор оборудования передачи данных

Для передачи информации от ПЛК на верхний уровень нам необходим коммуникационный модуль TIM 1531 IRC

TIM 1531 IRC используется в качестве автономного устройства для SIMATIC S7-1500 для использования в глобальных сетях (WAN) и осуществления передачи данных по протоколам телеуправления SINAUT ST7, IEC 60870-5-101 / 104 или DNP3. Он имеет собственный процессор и оперативную память для буферизации данных во избежание потери данных в случае ошибки канала связи или сбоя партнера по связи.

Модуль может работать как «Станция», «Мастер» или «Терминал узла». TIM 1531 IRC также предлагает избыточность среды благодаря использованию физически отдельных путей соединения без потери данных при переключении.

TIM 1531 IRC имеет четыре интерфейса для простых и избыточных путей передачи:

- Три интерфейса RJ45 для подключения к IP-сетям (WAN или LAN), один из которых используется для подключения к системе SIMATIC S7-1500, S7-300 или S7-400;
- Комбинированный интерфейс RS 232 / RS 485.

Устанавливается на монтажную рейку S7 1500 TIM 1531 IRC представлен на рисунке 2



Рисунок 2 – Коммуникационный модуль TIM 1531 IRC

Также нам необходим беспроводной маршрутизатор. В качестве маршрутизатора выбираем SCALANCE M874-3.

SCALANCE M874-3 является мобильными беспроводными маршрутизаторами для защищенного подключения подсетей на основе Ethernet и программируемых контроллеров через мобильные сети 4-го (LTE), 3-го (UMTS) или 2-го (GSM) поколения.

Благодаря встроенным межсетевым экранам мобильные радиомаршрутизаторы также обеспечивают контроль трафика данных, что помогает защитить их от несанкционированного доступа. Аутентификация партнеров по коммуникации и шифрование передаваемых данных осуществляются через VPN, что защищает от шпионажа и манипуляций.

SCALANCE M874-3 поддерживает:

- Полосы UMTS с полосами частот 800/850/900/1900/2100 МГц
- Четырехдиапазонный GSM с полосами частот 850/900/1800/1900 МГц;
- Поддержка UMTS с HSPA + (нисходящий канал: 14,4 Мбит / с, восходящий канал: 5,76 Мбит / с);
- Без сети UMTS, автоматическое переключение на GSM (режим EDGE, eGPRS или GPRS);
- Подключение к SINEMA Remote Connect через VPN.

Устанавливается на монтажную рейку S7 1500. SCALANCE M874-3 представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – беспроводной маршрутизатор SCALANCE M874-3.

2.5.3 Выбор модулей ввода вывода

2.5.3.1 Интерфейсный модуль

Масштабируемая система ввода-вывода – это очень гибкая модульная система ввода-вывода со степенью защиты IP20.

Интерфейсный модуль с интерфейсом PROFINET может обмениваться данными ввода / вывода подключенных модулей ввода / вывода с системой управления более высокого уровня. В качестве альтернативы, в качестве дополнительных головных станций. Компоненты ET 200SP доступны в версии SIPLUS для экстремальных требований и высокой степени надежности.

Для нашего проекта нам необходим интерфейсный модуль, выберем интерфейсный модуль ET 200SP IM 155-6PN.

Интерфейсный модуль IM 155-6PN Standard показан на рисунке 4.



Рисунок 4 – Интерфейсный модуль IM 155-6PN Standard

Интерфейсный модуль IM 155-6PN Standard монтируется непосредственно на профильную шину DIN и характеризуется следующими показателями:

- Компактная конструкция;
- Модульная конфигурация до 64 модулей;
- Небольшой размер и высокая гибкость благодаря модульной конструкции и широкому ассортименту продукции;
- До 16 каналов на модуль;
- Горячая замена: замена модуля без инструментов в режиме RUN;
- Запуск и работа со слотами (свободные места).

Для ET 200SP доступен широкий спектр модулей ввода / вывода, включая отказоустойчивые версии:

- Модули цифрового ввода (DI), с цветовой кодировкой белого цвета;
- Модули цифрового вывода (DQ), с цветовой кодировкой черный;
- Модули аналогового ввода (AI), с цветовой кодировкой светло-голубой;
- Модули аналогового вывода (AQ), с цветовой кодировкой темно-синий;
- Технологические модули (TM), с цветовой кодировкой бирюзовый;
- Модули связи (CM), с цветовой кодировкой светло-серый;
- Специальные модули, с цветовой маркировкой мятно-зеленый;
- Моторные пускатели как прямые пускатели (DS), так и реверсивные пускатели (RS);
- Пневматика.

Необходимое количество IM 155-6PN 1 шт.

2.5.3.2 Сигнальные модули ввода вывода

Модули ввода / вывода обеспечивают преобразование входных цифровых и аналоговых сигналов контроллера в его внутренние логические сигналы.

Для различных требований модули цифрового ввода предлагаются:

- Классы функций Basic, Standard, High Feature и High Speed, а также отказоустойчивые
- Возможность подключения датчиков в соответствии с IEC 61131 тип 1, 2 или 3 (в зависимости от модуля) для номинальных напряжений до 24 В постоянного тока или 230 В переменного тока
- Версии PNP (вход приемника) и NPN (ввод источника)
- Светодиоды для диагностики, состояния, напряжения питания и неисправностей (например, обрыв провода / короткое замыкание)
- Расширенные функции и дополнительные режимы работы в некоторых случаях

Для реализации нашего проекта нам необходимы модули ввода вывода, как аналоговых сигналов, так и цифровых сигналов

2.5.3.2.1 Цифровые модули ввода вывода

Модули цифровых сигналов подберем согласно перечня сигналов, представленного в Приложении В.

- Модуль цифрового ввода, DI 8x24 В 0,5 А High Feature;
- Модуль цифрового вывода, DQ 8x24 В 0,5 А High Feature.

2.5.3.2.2 Аналоговые модули ввода вывода

Модули аналоговых сигналов подберем согласно перечня сигналов, представленного в Приложении В.

- Модуль аналогового ввода, AI 4xI 2-/4-wire Standard;
- Модуль аналогового вывода, AQ 4xU/I Standard.

2.5.4Выбор датчиков

2.5.4.1 Выбор датчиков давления

Выбор датчиков давления проводился по следующим характеристикам:

- Применение;
- Температура окружающей среды;
- Температура измеряемой среды;
- Основная погрешность измерений;
- Диапазоны измеряемых давлений;
- Выходные сигналы;
- Цена.

В таблице 2 представлены основные характеристики датчиков давления.

Таблица 2 – Основные характеристики датчиков давления

Параметр	Метран-150 [14]	Rosemount-3051 [15]	ЭЛЕМЕР-АИР-30М [16]
Применение	Химическая индустрия Нефтехимическая промышленность Общее технологическое проектирование Вода, сточные воды	Химическая индустрия Нефтехимическая промышленность Общее технологическое проектирование Вода, сточные воды	Химическая индустрия Нефтехимическая промышленность Общее технологическое проектирование Вода, сточные воды
Температура окружающей среды °С	(от минус 40 до 70)	(от минус 51 до 85)	(от минус 55 до 85)
Температура измеряемой среды °С	(от минус 50 до 100)	(от минус 75 до 100)	(от минус 20 до 100)
Основная погрешность измерений \pm %	до 0,1	до 0,1	до 0,075
Диапазоны измеряемых давлений	мин. 0...0,04 кПа макс. 0...100 МПа	мин. 0...0,025 кПа; макс. 0...68,9 МПа	мин. 0,83 ... 25 кПа макс. 0,7 ... 70 МПа
Степень защиты	IP68 Ex	IP68 Ex	IP67 Ex
Выходные сигналы	(4 – 20) мА / HART	(4 – 20) мА /HART; Foundation Fieldbus; Wireless HART.	(4 – 20) мА / HART
Цена в рублях	23700	66520	41 211

В результате анализа по соотношению цена и качество наиболее подходящим является ЭЛЕМЕР-АИР-30М [16].

Данный датчик представлен на рисунке 5



Рисунок 5 – датчик давления ЭЛЕМЕР-АИР-30М

Опишем принцип действия представленного преобразователя давления. Со стороны среды на мембрану оказывается давление. Чувствительным элементом является тензорезистор, меняющий сопротивление в зависимости от оказываемого на него давления. Величина сопротивления преобразуется в токовый сигнал и передается в модуль аналогового ввода.

Датчики давления ЭЛЕМЕР-АИР-30М предназначены для работы в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами. Обеспечивают непрерывное преобразование измеряемых величин

Измерительный преобразователь давления применяется для измерения:

- Относительное давление
- Абсолютное давление
- Дифференциальное давление

2.5.4.2 Выбор датчиков температуры

Выбор датчиков температуры основывался на оценке следующих характеристик:

- Применение
- Температура окружающей среды

- Температура измеряемой среды
- Основная погрешность измерений
- Выходные сигналы
- Степень защиты
- Чувствительный элемент
- Цена

В таблице 3 представлены основные характеристики датчиков температуры.

Таблица 3 – Основные характеристики датчиков температуры

Параметр	Метран-280 [17]	Rosemount 644 [17]	ПТ 0304Exd ВТ [18]
Применение	Нефтехимическая промышленность Общее технологическое проектирование Вода, сточные воды	Химическая индустрия Нефтехимическая промышленность Общее технологическое проектирование Вода, сточные воды	Химическая индустрия Нефтехимическая промышленность Общее технологическое проектирование Вода, сточные воды
Температура окружающей среды °С	От минус 40 до 70	От минус 40 до 70	От минус 50 до 85
Температура измеряемой среды °С	От минус 50 до 500	От минус 50 до 500	От минус 50 до 500
Приведенная погрешность измерений \pm %	0,40	0,225	0,25
Выходные сигналы	(4 – 20) мА / HART	(4 – 20) мА / HART; Foundation Fieldbus; Wireless HART.	(4 – 20) мА / HART
Степень защиты	IP68 Ex	IP68 Ex	IP67 Exd
Чувствительный элемент	Платиновый термометр сопротивления	Платиновый термометр сопротивления	Платиновый термометр сопротивления
Цена в рублях	22109	37 444	21 595

Исходя из данных таблицы 3, следует вывод, что наиболее лучшим будет выбор датчика температуры ПТ 0304Exd ВТ, поскольку диапазон и погрешность данного датчика удовлетворяет требованиям технологического процесса, а его цена меньше, чем у конкурентов.

Датчик температуры ПТ 0304Exd ВТ отображен на риунке 6.



Рисунок 6 – Датчик температуры ПТ 0304Exd BT

Благодаря модульной конструкции датчики температуры серии SITRANS TS500 хорошо подходят для широкого спектра применений.

Эти устройства особенно часто используются в трубопроводах и резервуарах следующих отраслей промышленности:

- Химическая индустрия
- Нефтехимическая промышленность
- Общее технологическое проектирование
- Вода, сточные воды

Принцип действия термопреобразователей основывается на том, что с изменением температуры металл (платина или медь) способен изменять свое электрическое сопротивление. ПТ 0304Exd BT состоит из первичного преобразователя сопротивления (медного или платинового) и вторичного преобразователя – электронной схемы (таблетки). Данная схема преобразует изменение сигнала датчика, подключенного к ней, в унифицированный токовый выходной сигнал, пропорциональный изменению температуры. Первичный преобразователь представляет из себя намотку из медной проволоки или платиновую спираль, которая помещена в защитную арматуру. В голове размещается вторичный преобразователь. Внутри корпуса через кабельный ввод к контактам клеммной колодки подключаются выходные и входные цепи.

2.5.4.3 Выбор газоанализатора

При подборе газоанализатора рассматривались:

- Газоанализатор СГОЭС
- Dräger PIR-7000

Основные характеристики газоанализаторов приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Основные характеристики газоанализаторов

Тип	Dräger PIR-7000	СГОЭС
Время отклика	≤4 секунды («стандартный отклик») <1 секунды (быстрый отклик)	<1.9 секунды («стандартный отклик») <1 секунды (быстрый отклик)
Выходной сигнал	(4 – 20) мА /HART	(4 – 20) мА /HART/RS485/ 3 реле
Сигнал неисправности	(1,2) мА	(3,8) мА
Диапазон рабочих температур °С	От минус 40 до 77	От минус 60 до 85
Относительная влажность, %	до 100% (без конденсации) при температуре 35 °С	до 100% (без конденсации) при температуре 35 °С
Материал	Нержавеющая сталь 316	Нержавеющая сталь 316
Класс защиты	IP67	IP67
Класс взрывозащиты	ExdIICT6	1ExdIICT4 Gb
Цена в рублях	62 650	50 250

В качестве газоанализатора была выбрана инфракрасная газоизмерительная головка СГОЭС. Данный датчик включает в себя библиотеку допустимых газов, таких как этилен, пропан, метан и 10 дополнительных вредных веществ. Внешний вид устройства представлен на рисунке 7.



Рисунок 7 – Газоизмерительная головка СГОЭС

2.5.4.4 Выбор датчика расхода

Для выбора расходомера необходимо рассмотреть различные типы расходомеров и выбрать наиболее оптимальный для разрабатываемой системы:

1. Струйно-акустический газовый расходомер. Учет газа в данных типах устройств происходит за счет вычисления количества колебаний потока газа, проходящего через специальные отверстия. В зависимости от количества колебаний за единицу времени вычисляется объем израсходованного газа.

К достоинствам таких устройств можно отнести их невысокую стоимость, небольшие размеры, а также простоту в установке. Однако у некоторых струйно-акустических расходомеров наблюдается самопроизвольный учет не потребленного газа, в следствие посторонний вибрации.

2. Ультразвуковые газовые расходомеры. Принцип работы данного прибора основан на сравнении времени прохождения ультразвукового импульса через среду в направлении, совпадающем с направлением движения среды, и в обратном. Два ультразвуковых преобразователя, которые установлены под углами к потоку газа, работают попеременно как передатчик и приемник. Сигналы, переданные в направлении движения среды, ускоряются, а против движения потока – замедляются.

Результирующая разница времени передачи сигналов используется, чтобы определить значение скорости потока газа. Используя расстояние между преобразователями, вычисляется значение объемного расхода газа. На корректность измерений не влияет давление, температура или состав газа.

3. Расходомерами переменного перепада давления называются измерительные приборы, принцип действия которых основан на измерении перепада давления, создаваемого при протекании жидкого или газообразного вещества, каким-либо сужающим устройством, установленным внутри трубопровода. При протекании жидкого или газообразного вещества через сужающее устройство вследствие перехода части потенциальной энергии давления в кинетическую энергию средняя скорость потока в суженном сечении

повышается. В результате этого статическое давление потока после сужающего устройства становится меньше, чем перед ним. Разность этих давлений (перепад давления) зависит от расхода протекающего вещества и может служить мерой расхода [19].

Сравнительная характеристика расходомеров приведена в таблице 5.

Таблица 5 – Сравнительная характеристика расходомеров

Тип расходомера	Достоинства	Недостатки
Струйно-акустический	Низкая цена Простота конструкции	Невысокая точность Потери давления
Ультразвуковой	Высокая точность Защищенность измерительной системы Возможность функционирования без потери давления при низких температурах	Высокая цена
Переменного перепада давления	Сравнительно высокая точность Удобство и универсальность метода измерения	Потеря энергии

Проанализировав таблицу 5, можно сделать вывод, что наиболее оптимальным будет выбор ультразвукового расходомера, который обладает высокой точностью и не имеет потерь энергии при измерении.

Далее рассмотрим различные варианты ультразвуковых расходомеров и выберем оптимальный. Рассматривались: Turbo Flow [20], UFG-F, FLOWSIC600 [21], Daniel 3415 [22].

Сравнительная характеристика представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Сравнение ультразвуковых датчиков расхода

Критерий сравнения	Turbo Flow UFG-F	FLOWSIC600	Daniel 3415
Количество пар ультразвуковых лучей	4	2	4+1
Погрешность \pm %	0,3	1	0,1
Интеллектуальная система самодиагностики	+	+	+
Отражение УЗ сигнала от внутренних стенок корпуса	+	-	+

Продолжение таблицы 6 – Сравнение ультразвуковых датчиков расхода

Критерий сравнения	Turbo Flow UFG-F	FLOWSIC600	Daniel 3415
Межповерочный интервал	4 года	4 года	6 лет
Максимальный объёмный расход	25000м3/ч	20000м3/ч	30000м3/ч

Проанализировав таблицу 6 можно прийти к выводу, что Daniel 3415 имеет меньшую погрешность, вследствие наличия большего количества пар ультразвуковых лучей, а также больший межповерочный интервал и высокий объёмный расход, следовательно, при разработке системы выберем данный датчик расхода. Daniel 3415 изображен на рисунке 8.

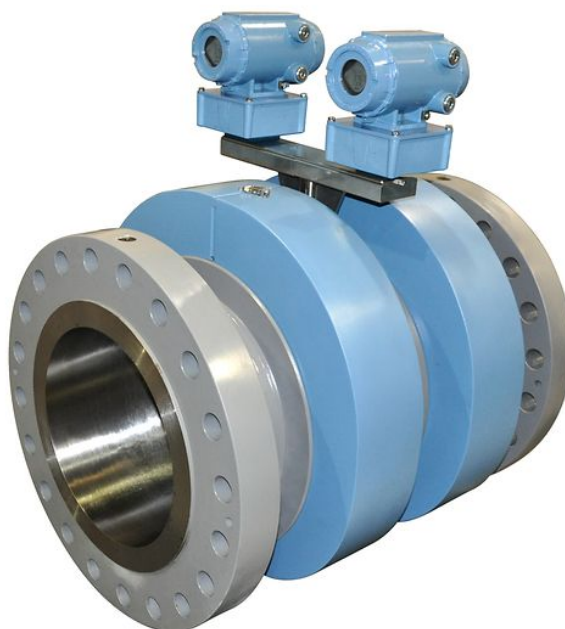


Рисунок – 8 Ультразвуковой расходомер Daniel 3415

Ультразвуковой расходомер Daniel 3415, разработанный для минимизации неопределенности фискальных измерений.

Отражающая траектория повышает чувствительность к дорогостоящим скоплениям на стенках трубопровода, позволяя операторам предпринимать необходимые действия до того, как измерения окажут негативное влияние. Измеритель оснащен сверхбыстрой электроникой серии 3410, которая генерирует множество прогностических диагностических средств, отображаемых с помощью программного обеспечения MeterLink, предоставляя

богатый интеллектуальный анализ потока, помогающий ускорить выявление дорогостоящих сбоев процесса.

Ультразвуковые расходомеры Daniel значительно снижают отрицательные воздействия турбулентности на точность измерения расхода, что позволяет удовлетворить требованиям пользователя к длине труб иже и выше по потоку.

2.6 Выбор исполнительных механизмов

2.6.1 Выбор регулирующего клапана

Исполнительное устройство – устройство в АСУ, реализующее управляющие воздействия со стороны регулятора на объект управления посредством механического перемещения регулирующего органа.

С помощью регулирующего воздействия от исполнительного устройства необходимо изменять процесс в требуемом направлении для достижения поставленной задачи – стабилизации регулируемой величины.

В ходе подачи газа потребителю требуется регулировать давление на входе узла учета так, чтобы оно было выше заданного давления на входе и ниже заданного исходя из условий прочности трубопровода. Клапан с электроприводом используется в качестве исполнительного механизма для регулирования давления газа. В качестве способа регулирования давления используем метод дросселирования.

В данный момент метод дросселирования потока чаще всего используется для быстрого и плавного изменения величины давления. В качестве дросселирующего устройства может выступать как задвижка (кран, вентиль), так и специальная шайба. Также используются дроссельные втулки.



Рисунок 9 – Клапан регулирующий МКTKR

Технические характеристики регулирующего клапана приведены в таблице 7 [23].

Таблица 7 – Технические характеристики МКTKR

Характеристика	Значение
Диаметр условный Ду, мм	250
Пропускная способность Кву м3/час	900
Ход штока, мм	50
Динамический диапазон регулирования	Более 100 : 1
Температура среды, °С	до + 225
Тип соединения	Фланцевое с комплектом ответных фланцев
Корпус клапана, крышки, седла	НС

В качестве приводов были рассмотрены:

- SIPOS 5 Flash 2SB5
- Auma SENEN

Для управления клапаном выбран Электропривод с изменяемой скоростью AUMA SEVEN

Привод представлен на рисунке 10.



Рисунок 10 – Электропривод с изменяемой скоростью AUMA SEVEN

Данный электропривод оснащен частотным преобразователем, который обеспечивает следующие функции [24]:

- изменяемую скорость,
- плавный пуск и останов,
- отсутствие пусковых токов, колебаний напряжения и частоты.

Такой электропривод устойчив к неблагоприятным условиям окружающей среды (стандартный класс коррозионной стойкости C5, IP67, двойное уплотнение – уровень защиты поддерживается при вводе в эксплуатацию), уровни защиты могут быть повышены.

2.7 Создание схемы внешних проводок

На измерительных линиях 1 и 2 расположены:

- датчики давления SITRANS P DS III;
- датчик температуры SITRANS TS500.
- расходомеры Daniel 3415;
- Исполнительные механизмы AUMA SEVEN

Сигналы от первичных преобразователей и исполнительных механизмов, по контрольным кабелям поступают в клеммные соединительные коробки (КСК) далее от КСК кабеля приходят в шкаф САУ.

КСК предназначены для соединения кабелей различного технологического оборудования.

При разработке системы был выбран контрольный кабель КВВГЭ нг, представленный на рисунке 11 [25].

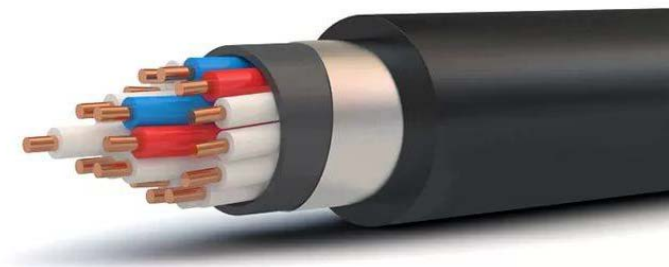


Рисунок 11 – Кабель КВВГЭ нг

Расшифровка обозначения КВВГЭ нг:

1. К – кабель контрольный;
2. В – внутренняя изоляция из поливинилхлоридного пластика;
3. В – внешняя изоляция из поливинилхлоридного пластика;
4. Г – гибкий класс жилы;
5. Э – экранированный;
6. нг - не поддерживающий горения.

Соединительный кабель КВВГЭ нг представляет собой конструкцию из медных жил, заключенных в изоляцию из поливинилхлоридного пластика, а также в оболочку из пластика пониженной горючести. Предназначен для эксплуатации в кабельных сооружениях и помещениях для неподвижного присоединения к электрическим приборам, аппаратам, сборкам зажимов электрических распределительных устройств с номинальным переменным напряжением до 660 В номинальной частотой до 100 Гц или постоянным напряжением до 1000 В.

Кабель КВВГЭ нг используется для прокладки в помещениях и кабельных сооружениях при отсутствии опасности механических повреждений при эксплуатации и для обеспечения пожарной безопасности кабельных цепей при прокладке в пучках.

Диапазон температуры окружающей среды при эксплуатации равен от - 50°С, до +50°С.

Количество жил в контрольных кабелях выберем равным 3, 10, 14 и 19 сечением 1 мм² при соединении приборов с КСК и со шкафом управления, неиспользуемые жилы являются резервными.

Схема внешней проводки приведена в приложении Д.

2.8 Разработка алгоритмов управления АС

2.8.1 Алгоритм сбора данных с датчиков

В качестве канала измерения выберем канал измерения давления. Для этого канала разработаем алгоритм сбора данных. Блок схема алгоритма представлена в приложении Е.

При включении, начинается инициализация показаний датчика. Далее показания проверятся на предмет обрыва кабеля или короткого замыкания на линии. Затем происходит перевод значений в единицы измерения в данном случае МПа. Инициализация аварийных и предупредительных уставок, после чего показания сравниваются с уставками, если показания не выходят за рамки уставок то происходит посылка данных и завершение. В случае превышения уставок формируется соответствующее оповещение.

2.8.2 Алгоритма автоматического регулирования технологическим параметром

При измерении расхода газа необходимо, чтобы давление газа в трубопроводе, не превышало заданного уровня, основываясь на прочности трубопровода, а также, чтобы давление не опускалось ниже заданного уровня. В качестве алгоритма регулирования выберем алгоритм ПИД регулирования, который обеспечивает хорошее качество регулирования, достаточно малое время выхода на режим и низкую чувствительность к внешним воздействиям.

Перечислим основные элементы схемы: ПЛК с ПИД-регулятором, объект управления, регулирующий орган.

Функциональная схема представлена на рисунке 12.

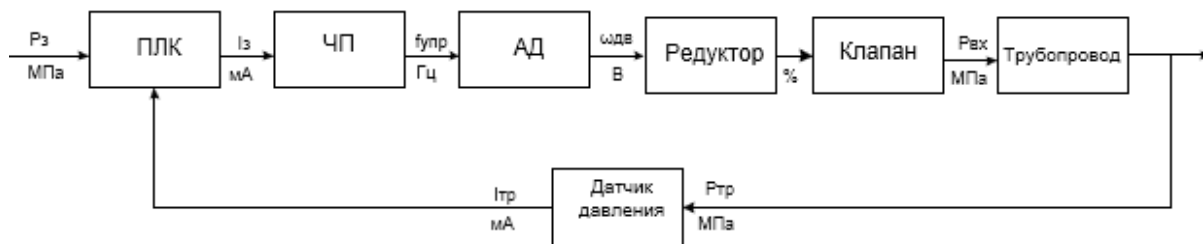


Рисунок 12 – Функциональная схема автоматизации

Объектом управления является участок трубопровода после клапана. Регулирующим органом выступает клапан, управляемый электроприводом, который в данной схеме разделен на частотный преобразователь, асинхронный двигатель и редуктор.

На панели оператора устанавливается давление, которое необходимо поддерживать в трубопроводе. В ПЛК передается значение с датчика давления, затем происходит сравнение значений. Далее формируется выходной токовый сигнал, который подается на частотный преобразователь, на выходе которого формируется напряжение питания электропривода клапана. С помощью клапана с электроприводом электрическая энергия преобразуется в поступательное движение штока. Таким образом, давление в трубопроводе становится равным заданному давлению.

Линеаризованная модель системы управления описывается следующим набором передаточных функций:

Передаточная функция частотного преобразователя

Дифференциальное уравнение для частотного преобразователя выглядит следующим образом (1).

$$T_{\text{чп}} \frac{df}{dt} + f = k_{\text{чп}} \cdot I_3; \quad (1)$$

Частотный преобразователь представляет собой апериодическое звено, которое преобразует электрическую энергию сети в электрическую энергию для управления клапана.

Далее, для составления передаточной функции частотного преобразователя, необходимо рассчитать коэффициент передачи и постоянную времени.

Коэффициент передачи частотного преобразователя может быть определён в статическом режиме как отношение частоты на выходе преобразователя, обеспечивающей номинальный режим работы двигателя, к задающему току с ПЛК на входе преобразователя (2). Так как управление происходит током (4 – 20) мА, а частота изменяется в диапазоне (0 – 50) Гц, номинальной частоте $f_n = 50 \text{ Гц}$ будет соответствовать ток $I_{zn} = 20 \text{ мА}$

$$k_{un} = \frac{f_n}{I_{zn}} = \frac{50}{20} = 2,5; \quad (2)$$

Постоянная времени преобразователя определяется по формуле (3).

$$T_{un} = T_{\phi} + \frac{1}{2 \cdot m \cdot f_n} = 0.006; \quad (3)$$

где T_{ϕ} – постоянная времени контура системы импульсно-фазового управления (СИФУ) ПЧ, включая фильтр;

m – число фаз ТПЧ.

Значение постоянной времени цепи СИФУ преобразователей обычно составляет $0,003 \div 0,005 \text{ с}$, поэтому при моделировании принято принимать значение T_{ϕ} из данного диапазона. Так как ПЧ реализует управление трёхфазным двигателем, то число фаз $m = 3$. Номинальное значение выходной частоты f_n составляет 50 Гц.

Таким образом, можно записать передаточную функцию частотного преобразователя (4).

$$W_{\kappa}(s) = \frac{k_{un}}{T_{un} \cdot s + 1} = \frac{2,5}{0,006 \cdot s + 1} \quad (4)$$

Передаточная функция асинхронного двигателя

Дифференциальное уравнение для асинхронного двигателя выглядит следующим образом (5).

$$T_{\partial\partial} \frac{d\omega}{dt} + \omega = k_{\partial\partial} \cdot f; \quad (5)$$

Асинхронный двигатель представляет собой апериодическое звено, которое преобразует электрическую энергию в скорость вращения вала.

Исходя из технических характеристик двигателя, рассчитаем постоянную времени $T_{\partial\partial}$ и коэффициент передачи $k_{\partial\partial}$.

Постоянную времени примем равной $T_{\partial\partial}=0,83$ с. Коэффициент передачи двигателя может быть определён как отношение номинальной угловой скорости вращения двигателя $\omega_{\partial\partial}$ к номинальной частоте питающей сети f_n . Будем считать, согласно документации на двигатель, что номинальная угловая скорость равна 314 рад/сек т.к. максимальная скорость 3000 об/мин, а номинальная частота электропитания 50 Гц.

$$k_{\partial\partial} = \frac{\omega_{\partial\partial}}{f_n} = 6,28 \quad (6)$$

Таким образом, можно записать передаточную функцию двигателя (7).

$$W_{\partial\partial}(s) = \frac{k_{\partial\partial}}{T_{\partial\partial} \cdot s + 1} = \frac{6,28}{0,83 \cdot s + 1}. \quad (7)$$

Передаточная функция клапана

Дифференциальное уравнение для клапана выглядит следующим образом (8)

$$\frac{dP_{ex}}{dt} = \lambda; \quad (8)$$

Клапан представляет собой интегрирующее звено, которое преобразует степень открытия λ клапана в давление на выходе.

Таким образом, можно записать передаточную функцию клапана (9).

$$W_{\kappa}(s) = \frac{1}{s}. \quad (9)$$

Передаточная функция трубопровод

Объектом управления является участок трубопровода после клапана. Передаточная функция объекта управления может быть описана апериодическим звеном первого порядка с чистым запаздыванием (10) [10]:

$$W_{mn}(s) = \frac{1}{T \cdot s + 1} \cdot e^{-\tau_0 \cdot s}; \quad (10)$$

$$\tau_0 = \frac{L \cdot f}{Q}; \quad (11)$$

$$T = \frac{2 \cdot L \cdot f \cdot c^2}{Q}; \quad (12)$$

$$c = \frac{Q}{f} \cdot \sqrt{\frac{\gamma}{2 \cdot \Delta p \cdot g}}; \quad (13)$$

$$f = \frac{\pi \cdot d^2}{8}. \quad (14)$$

Исходные данные для участка трубопровода представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Исходные данные

Величина	Значение
P – Давление после клапана	6,3 МПа
L – Длина участка трубопровода	5 м
Δp – Перепад давления на трубопроводе	3059.14 кГс/м ²
Q – Объемный расход газа	2000 м ³ /ч
p – Плотность газа	0,72кг/м ³
γ – Удельный вес газовой смеси	706
d – Диаметр трубы	0,25м

$$f = \frac{\pi \cdot d^2}{8} = \frac{3,14 \cdot 0,25^2}{8} = 0,025; \quad (15)$$

$$c = \frac{Q}{f} \cdot \sqrt{\frac{\gamma}{2 \cdot \Delta p \cdot g}} = 2.411; \quad (16)$$

$$T = \frac{2 \cdot L \cdot f \cdot c^2}{Q} = 2.614; \quad (17)$$

$$\tau_0 = \frac{L \cdot f}{Q} = 0.2248; \quad (18)$$

$$W_{mn}(s) = \frac{1}{2.614 \cdot s + 1} \cdot e^{-0.2248 \cdot s}. \quad (19)$$

В связи с тем, что транспортное запаздывание незначительное, вследствие небольшой длины трубопровода им можно пренебречь.

Датчик давления согласно литературным источникам можно считать безынерционным звеном [10].

Редуктор можно считать безынерционным звеном. Коэффициент передачи для редуктора выберем равный 0,02, таким образом, за один оборот при номинальной скорости двигателя способен переводить клапан в полностью закрытое или открытое положение.

Далее смоделируем полученную систему в Simulink. Смоделированная система представлена на рисунке 13.

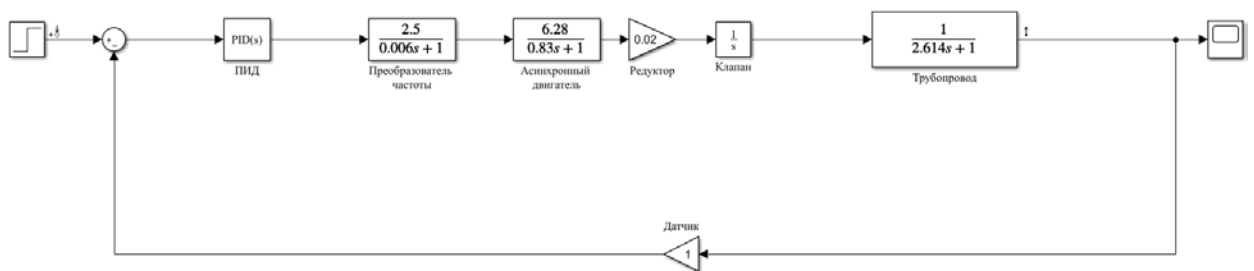


Рисунок 13 – Модель в Simulink.

С помощью средств MathLab по настройке ПИД-регулятора, настроим регулятор автоматически. Благодаря этой функции можно подобрать время переходного процесса и перерегулирование для заданной системы. Подобранные коэффициенты показаны на рисунке 14.

Proportional (P):

Integral (I):

Derivative (D):

☒ Use filtered derivative

Filter coefficient (N):

Рисунок 14 – Результат настройки ПИД регулятора

На рисунке 15 представлен переходный процесс изменения давления на выходе системы управления.

В качестве задающего воздействия было задано давление. Методом автоматической настройки определены коэффициенты ПИД-регулятора

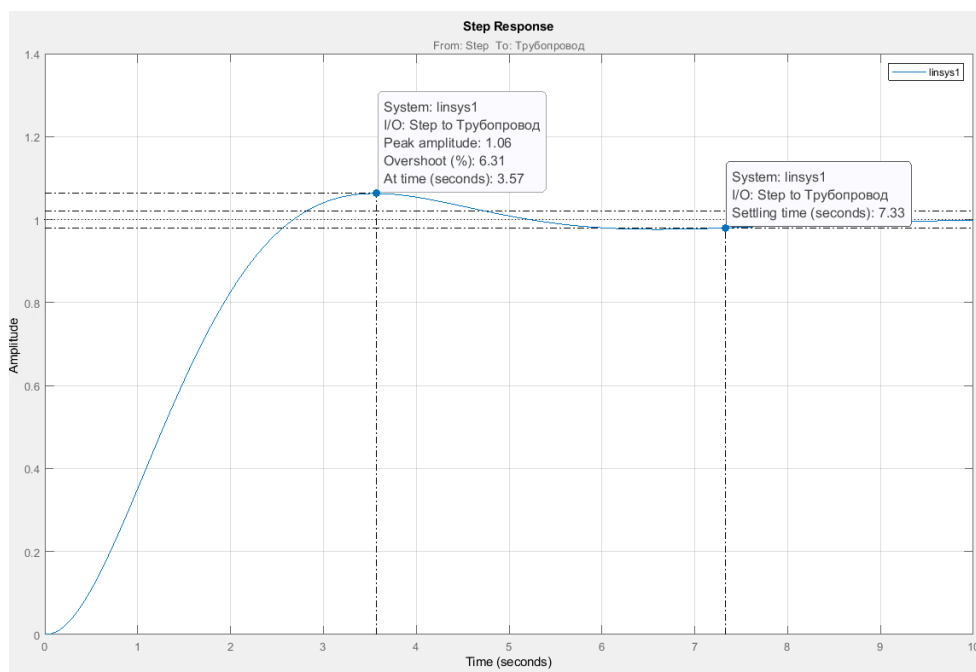


Рисунок 15 – График переходного процесса контура регулирования давления.

Таким образом, время переходного процесса равно 7,33 секунды, а перерегулирование 6,31 %.

2.8.3 Анализ поведения системы при возмущающем воздействии

Смоделируем систему с возмущающим воздействием, появляющимся на 25 секунде. Модель с возмущением представлена на рисунке 16.

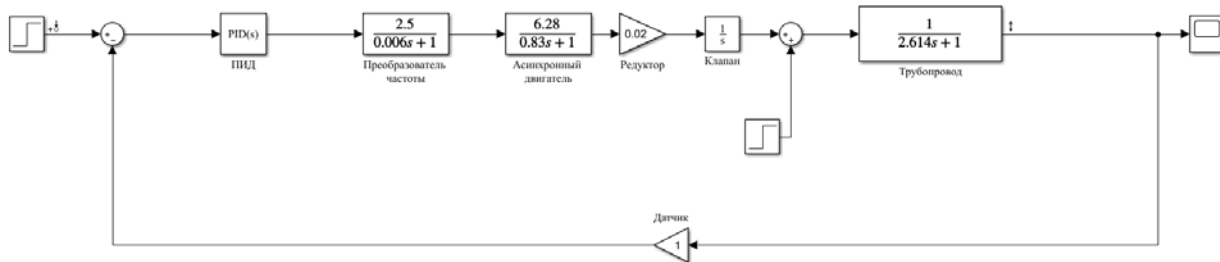


Рисунок 16 – Модель в Simulink с возмущением

Переходный процесс смоделированной системы представлен на рисунке 17.

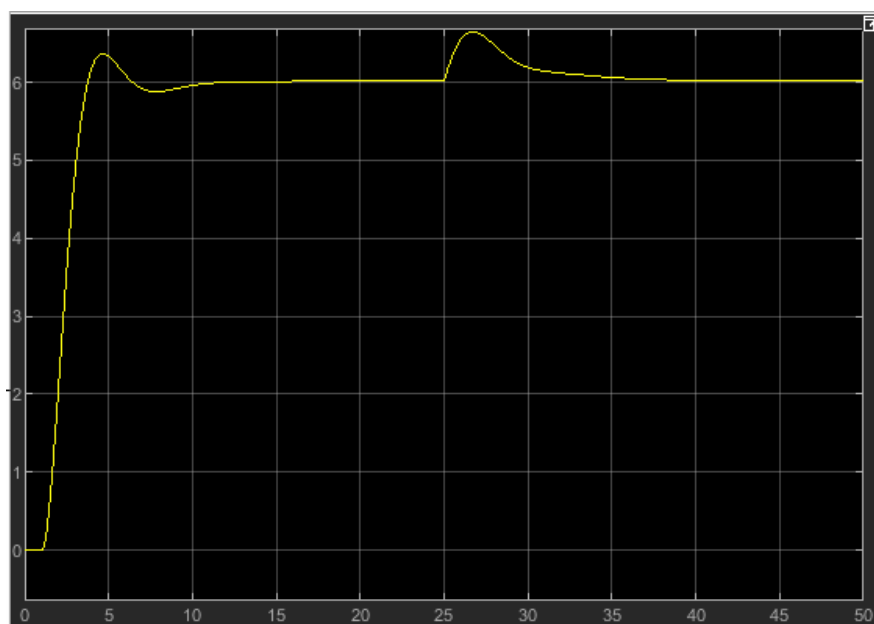


Рисунок 17 – Переходный процесс

Проанализировав рисунок 17, можно прийти к выводу, что система отрабатывает возмущение воздействие и возвращает значение давления в трубопроводе к уставке, следовательно, данную систему можно использовать в качестве системы стабилизации давления.

2.8 Разработка программного обеспечения для ПЛК

Разработка программного обеспечения ПЛК будет проводиться в среде SIMATIC TIA Portal V15.1

В данной программной среде имеется большой набор стандартных элементов, позволяющих реализовать различную логику действия.

SIMATIC STEP 7 Professional V15.1 поддерживает стандарт IEC 61131-3 в котором описан синтаксис и семантика пяти языков программирования ПЛК, таких как:

- SFC (Sequential Function Chart);
- LD (Ladder Diagram);
- FBD (Functional Block Diagram);
- ST (Structured Text);
- IL (Instruction List).

SIMATIC STEP 7 Professional V15.1 – это высокопроизводительная интегрированная инженерная система для контроллеров

- SIMATIC S7-1500;
- S7-1200, S7-300;
- S7-400;
- WinAC;
- ET 200.

2.9 Экранные формы АС

Управление АС системы учета газа реализовано с использованием SCADA-системы SIMATIC WinCC Runtime Professional V15.1

SIMATIC WinCC Runtime Professional – это операторская система на базе ПК для визуализации и управления производственными процессами, машинами и установками из всех отраслей от простых систем с одной станцией до распределенных систем с несколькими станциями и решений, не зависящих от местоположения, с веб-клиентами.

Основными функциями, выполняемыми SCADA-системой, являются:

- сбор первичной информации от устройств нижнего уровня;

- архивирование и хранение информации для последующей обработки (создание архивов событий, аварийной сигнализации, изменения технологических параметров во времени, полное или частичное сохранение параметров через определенные промежутки времени);
- визуализация процессов;
- реализация алгоритмов управления, математических и логических вычислений, передача управляющих воздействий на объект;
- документирование, как технологического процесса, так и процесса управления;
- (создание отчетов), выдача на печать графиков, таблиц, результатов вычислений и др.;
- защита от несанкционированного доступа в систему [3].

Экранная форма (мнемосхема) АС управления путевого подогревателя представлена на рисунке 18.

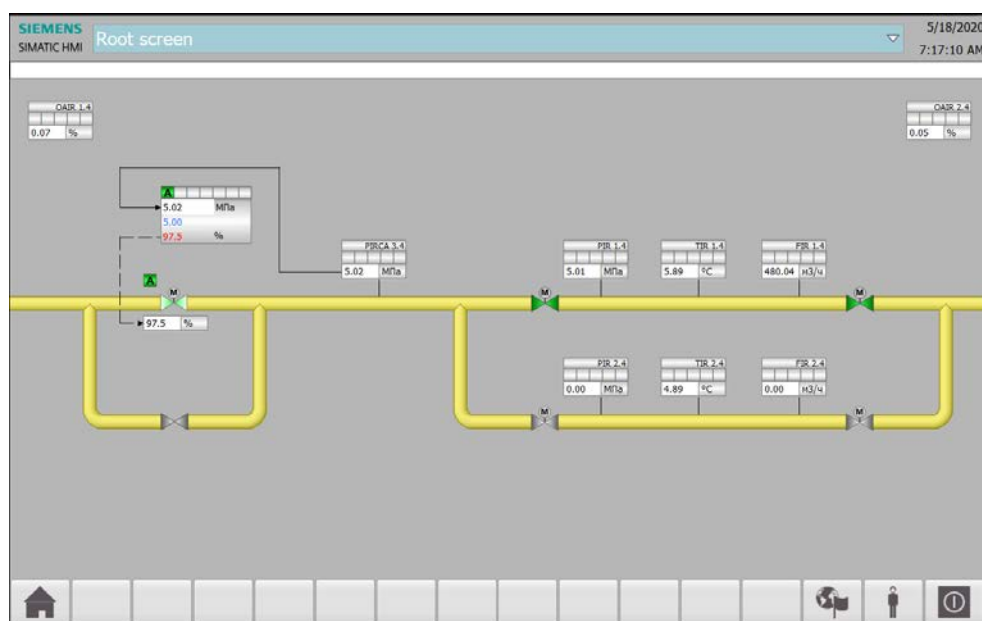


Рисунок 18 – мнемосхема АС узла учета газа.


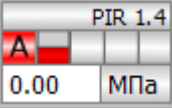
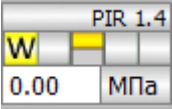
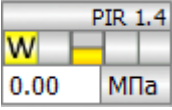
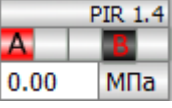
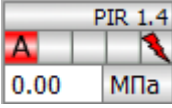
Экранные формы предназначены для контроля состояния технологического оборудования и управления этим оборудованием.

На экране оператору предоставляются данные в виде изображений, представляющих мнемосхемы технологического процесса. На мнемосхеме отображается информация следующих параметров:

- Аварийные сообщения;
- Текущая дата и время;
- Значение технологических параметров:
 - Давление;
 - Температура;
 - Расход.
- Состояние оборудования:
 - Исполнительные механизмы;
 - Регуляторы.





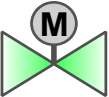

Для индикации режимов работы датчиков принятые обозначения, представленные в таблице 9.

Таблица 9 индикации режимов работы датчиков.

Изображение	Описание
	Превышение верхней аварийной уставки.
	Превышение нижней аварийной уставки.
	Превышение верхней предупредительной уставки.
	Превышение нижней предупредительной уставки.
	Обрыв кабеля/ошибка датчика.
	Короткое замыкание на линии.

Для индикации режима работы исполнительных механизмов приняты обозначения, представленные в таблице 10.

Таблица 10 – обозначения работы исполнительных механизмов.

Изображение	Описание
	Клапан открыт;
	Клапан открывается;
	Клапан закрыт;
	Клапан закрывается;
	Клапан остановлен;
	Авария.

3 Планирование научно-исследовательских работ

3.1 Структура работ в рамках научного исследования

При разработке научно-технического проекта одним из важных этапов является его технико-экономическое обоснование. Оно позволяет выделить преимущества и недостатки разработки, внедрения и эксплуатации данного программного продукта в разрезе экономической эффективности, социальной значимости и других аспектах.

Для реализации проекта необходимы два исполнителя – руководитель и исполнитель (инженер). Руководитель формулирует цель проекта, предъявляемые к нему требования, осуществляет контроль над его практической реализацией для соответствия требованиям и участвует в стадии разработки документации и рабочих чертежей. Исполнитель непосредственно осуществляет разработку проекта.

Одной из основных целей планирования работ является определение общей продолжительности их проведения. Наиболее удобным, простым и наглядным способом для этих целей является использование линейного графика. Для его построения определим события и составим таблицу 11.

Таблица 11 – Перечень работ и распределение исполнителей

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100%
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	НР – 100% И – 10%
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 30% И – 100%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100% И – 10%
Выбор оборудования	НР, И	НР – 30% И – 100%
Разработка структурной схемы	НР, И	НР – 100% ИП – 70%
Разработка функциональной схемы	НР, И	НР – 100% И – 80%
Оформление пояснительной записки	И	И – 100%

Продолжение таблицы 11 – Перечень работ и распределение исполнителей

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Выбор оборудования	И	И – 100%
Оформление графического материала	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 60% И – 100%

3.2 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для определения вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ $t_{ож}$ воспользуемся следующей формулой (20):

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5}, \quad (20)$$

где t_{\min} – минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{\max} – максимальная продолжительность работы, дн.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ($T_{РД}$) ведется по формуле (21):

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д}, \quad (21)$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дн.;

$K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возьмем $K_{ВН} = 1$;

K_D – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ, примем $K_D = 1,1$.

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле (22):

$$T_{KD} = T_{PD} \cdot T_K, \quad (22)$$

где T_{KD} – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

T_K – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле (23):

$$T_K = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}} \quad (23)$$

где T_K – коэффициент календарности;

$T_{КАЛ}$ – календарные дни ($T_{КАЛ} = 366$);

$T_{ВД}$ – выходные дни при пятидневной рабочей недели ($T_{ВД} = 104$) и при шестидневной рабочей недели ($T_{ВД} = 52$);

$T_{ПД}$ – праздничные дни ($T_{ПД} = 14$).

$$T_K = \frac{366}{366 - 104 - 14} = 1,48; \quad (24)$$

$$T_K = \frac{366}{366 - 52 - 14} = 1,22; \quad (25)$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} округляются до целого числа.

Все рассчитанные значения сведены в таблицу 12, на основании которой строится календарный план-график (таблица 13).

Таблица 12 - Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
					ТРД		ТКД	
		tmin	tmax	тож	НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Постановка задачи	НР	2	3	2,40	2,64	0,00	3,22	0,00
Разработка и утверждение технического задания	НР, И	2	3	2,40	2,64	0,26	3,22	0,39
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	4	5	4,40	1,45	4,84	1,77	7,16
Разработка календарного плана	НР, И	3	4	3,40	3,74	0,37	4,56	0,55
Обсуждение литературы	НР, И	3	4	3,40	1,12	3,74	1,37	5,54
Выбор оборудования	НР, И	8	12	9,60	10,56	7,39	12,88	10,94
Разработка структурной схемы	НР, И	7	10	8,20	9,02	7,22	11,00	10,68
Разработка функциональной схемы	И	8	15	10,80	0,00	11,88	0,00	17,58
Оформление пояснительной записки	И	6	9	7,20	0,00	7,92	0,00	11,72
Оформление графического материала	И	7	10	8,20	0,00	9,02	0,00	13,35
Подведение итогов	НР, И	4	6	4,80	3,17	5,28	3,86	7,81
Итого:				64,80	34,34	57,93	41,90	85,73

Таблица 13 - календарный план-график

Этап	НР	И	Март			Апрель			Май			Июнь	
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
1	3,22	0,00	■										
2	3,22	0,39	■										
3	1,77	7,16		■									
4	4,56	0,55		■									
5	1,37	5,54			■								
6	12,88	10,94			■								
7	11,00	10,68				■							
8	0,00	17,58					■						
9	0,00	11,72						■					
10	0,00	13,35							■				
11	3,86	7,81									■		

НР – ■ И – ■

На выполнение НИОКР для выпускной квалификационной работы было затрачено 92 рабочих дня. Был составлен календарный план-график проведения научного исследования, который включал в себя выполнение 11 этапов (видов работ), которые выполнялись в определённой последовательности. На каждом этапе руководитель и студент решали разносторонние задачи. Серым квадратом на графике показано, сколько времени был задействовано руководителем для выполнения работы, а черным цветом показано время, затраченное студентом (инженером). В процессе проведения работ возникали такие моменты, что для прохождения очередного этапа исследования и сокращения времени на выполнение НИОКР руководитель и студент параллельно решали поставленные перед ними задачи, что показано на графике серо-черными квадратами. Компетентность руководителя, наличие большой научно-технической базы, и образованность, целеустремлённость студента (инженера) позволили в назначенный срок выполнить работу и прийти к положительному результату.

3.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

3.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Данный элемент включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта, включая расходы на их приобретение и при необходимости – доставку.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле (26):

$$З_{\text{м}} = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m Ц_i \cdot N_{\text{расхи}} , \quad (26)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{\text{расхи}}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

$Ц_i$ – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортно-заготовительные расходы примем 5% от стоимости материалов.

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 14.

Таблица 14 – Материальные затраты

Наименование	Ед. изм.	Кол -во	Цена за ед. в руб	Затраты на материалы
TP1500 Comfort	Шт.	1	100248,99	100248,99
SIMATIC HMI SD-карта памяти 2 ГБ	Шт.	1	2493,76	2493,76
SITOP PSU300S, 3-фазный, DC 24 В/10 А	Шт.	1	5652,51	5652,51
IM 155-6 PN ST включая серверный модуль и шинный адаптер 2xRJ45 (6ES7193-6AR00-0AA0)	Шт.	1	8554,05	8554,05
DI 8x24VDC HF	Шт.	3	1653,72	4961,16
DQ 8x24VDC/0,5A HF	Шт.	2	2081,58	4163,16
AI 4xRTD/TC 2-,3-,4-wire HF	Шт.	3	6272,97	18818,92
AQ 4xU/I ST	Шт.	1	6272,97	6272,97
BU-тип A0, 16 Push-In, 2 отдельных питающ. зажима , (цифр./аналог., пост. ток макс. 24 В/10А)	Шт.	4	760,36	3041,44
BU-тип A0, 16 Push-In, 2 закороченных питающ. зажима (цифр./аналог., пост. ток 24 В/10А)	Шт.	5	431,00	2154,98
Профильная шина S7-1500, 160 мм	Шт.	2	592,54	1185,08
CPU 1513R-1 PN	Шт.	2	57660,66	115321,32
Карта памяти, 12 Мбайт	Шт.	2	5586,01	11172,03
SCALANCE M874-3, маршрутизатор мобильной связи, 3G	Шт.	2	22236,78	44473,55

Продолжение таблицы 14 – Материальные затраты

Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Цена за ед. в руб	Затраты на материалы
Антенна ANT 794-4MR, четырехдиапазонный GSM	Шт.	2	1711,75	3423,50
IE TP Cord RJ45/RJ45, 4x2, 0,5 м	Шт.	3	531,06	1593,18
IE СОЕДИНИТЕЛЬНЫЙ КАБЕЛЬ IE FC RJ45-180/IE FC RJ45-180	Шт.	3	1119,84	3359,51
ЭЛЕМЕНТ-АИР-30М	Шт.	2	41211,00	82422,00
ПТ 0304Exd BT	Шт.	3	21595,00	64785,00
СГОЭС	Шт.	2	50250,00	100500,00
Daniel 3415	Шт.	2	245780,00	491560,00
Auma SENEN	Шт.	1	125200,00	125200,00
Auma SarEx	Шт.	4	68925,00	275700,00
Итого мат.затрат				1477057,12
Транспортно-заготовительные расходы	%	5		73852,86
Всего				1550909,98

3.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование

В данной статье расхода включаются затраты на приобретение специализированного программного обеспечения для программирования ПЛК фирмы Siemens, и лицензий SCADA системы. В таблице 15 приведен расчет бюджета затрат на приобретение программного обеспечения для проведения научных работ. Данное программное обеспечение будет использоваться только в данном проекте, и не может применяться для других проектов.

Таблица 15 – Расчет бюджета затрат на приобретение ПО

Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Цена за ед. в руб	Затраты на материалы, руб.
SIMATIC WinCC Professional 512 PowerTags V15	Шт.	1	71989,56	71989,56

Продолжение таблицы 15 – Расчет бюджета затрат на приобретение ПО

Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Цена за ед. в руб	Затраты на материалы, руб.
SIMATIC WinCC сервер для Runtime Professional	Шт.	1	113103,60	113103,60
SIMATIC WinCC Runtime Professional 512 PowerTags V15 (Package)	Шт.	1	100177,47	100177,47
SIMATIC WinCC клиент для Runtime Professional V15	Шт.	1	77364,78	77364,78
SIMATIC STEP 7 Professional V15.1 (пакет)	Шт.	1	68054,13	68054,13
Итого:				430689,54

3.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включаются основная заработная плата научного и инженерно-технического работника, непосредственно участвующих в выполнении работ. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 50 % оклада.

Среднедневная тарифная заработная плата ($ЗП_{дн-т}$):

$$ЗП_{дн} = \frac{МО}{F_d}, \quad (27)$$

где МО – величина месячного оклада работника, руб.:

F_d – количество в среднем рабочих дней равно:

- при пятидневной рабочей неделе: $F_d = \frac{248}{12} = 20,6$ дн;
- при шестидневной рабочей неделе: $F_d = \frac{300}{12} = 25$ дн;

Определим интегральный коэффициент:

- для пятидневной рабочей недели: $K_{и} = 1,1 * 1,113 * 1,3 = 1,62$;

- для шестидневной рабочей недели: $K_n = 1,1 * 1,188 * 1,3 = 1,699$.

Таблица 16 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб. день	Затраты времени, раб. дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	75000,00	3000,00	34	1,699	173 298
И	50000,00	2 427,18	58	1,62	228 058,25
Итого:					401 356,25

3.3.4 Расчет затрат на единый социальный налог

Отчисления на единый социальный налог (ЕСН) – это обязательные отчисления по установленным законодательством Республики Узбекистан нормам органов государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина на единый социальный налог определяется исходя из следующей формулы (28):

$$C_{\text{соц.}} = k_{\text{соц.}} \cdot C_{\text{зп.}}, \quad (28)$$

Где $k_{\text{соц.}}$ – коэффициент отчислений на уплату ЕСН, который составляет 30% от полной заработной платы.

Таблица 17 – Отчисления ЕСН

Затраты на заработную плату	401 356,25 руб.
Коэффициент отчислений ЕСН	0.30
Итого:	120 406,87 руб.

3.3.5 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле (29):

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об.}} \cdot t_{\text{об.}} \cdot C_{\text{э}}, \quad (29)$$

где $P_{\text{ОБ}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$\Pi_{\text{Э}}$ – тариф на 1 кВт·час (тариф для предприятий 6,59 руб./кВт·час (с НДС));

$t_{\text{об}}$ – время работы оборудования, час.

Время работы оборудования определяется исходя из следующей формулы (30):

$$t_{\text{об.}} = T_{\text{РД}} \cdot K_t, \quad (30)$$

где $T_{\text{РД}}$ – берем из таблицы 10 для инженера ($T_{\text{РД}} = 58$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов, получим $T_{\text{РД}} = 464 \text{ ч.}$;

$K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{\text{РД}}$, возьмем равным 0,8.

Таблица 18 – Затраты на электроэнергию

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{\text{об}}$, час	Потребляемая мощность РОБ, кВт	Затраты ЭОБ, руб.
Персональный компьютер	464*0,8	0,8	1956,97
Струйный принтер	8	0,1	5,28
Итого:			1962,25

3.3.6 Расчет амортизационных расходов

В данной статье рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта. Величина амортизации определяется исходя из следующей формулы (31):

$$C_{\text{АМ}} = \frac{H_A \cdot \Pi_{\text{ОБ}} \cdot t_{\text{рф}} \cdot n}{F_D}, \quad (31)$$

где H_A – годовая норма амортизации единицы оборудования; исходя из рамочных значений сроков амортизации (полезного использования) для ПК

2 ÷ 3 года, возьмем $CA=2,5$ года и определим N_A как величину обратную CA , для ПК $1/2,5 = 0,4$ и принтера $N_A = 0,5$;

$Ц_{об}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР;

F_d – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования;

t_{pf} – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Для ПК (248 рабочих дней при пятидневной рабочей неделе) можно принять $F_d = 248 * 8 = 1984$ часа. Для принтера возьмем $F_d = 500$.

Рассчитаем амортизационные расходы для ПК стоимостью 114 047,77 руб., время использования 464 часов:

$$C_{AM_ПК} = \frac{0,4 \cdot 114047,77 \cdot 464 \cdot 1}{1984} = 10668,98 \text{ руб.} \quad (32)$$

Рассчитаем амортизационные расходы для принтера стоимостью 12000 руб., его $F_d = 500$ час.; $t_{pf} = 72$ час.

$$C_{AM_ПК} = \frac{0,5 \cdot 12\,000 \cdot 8 \cdot 1}{500} = 96 \text{ руб.} \quad (33)$$

Итого начислено амортизации:

$$C_{AM} = C_{AM_ПК} + C_{AM_ПР} = 10\,764,98 \text{ руб.} \quad (34)$$

3.3.7 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях. Их величина определяется по следующей формуле (35):

$$C_{\text{проч.}} = (\text{сумма статей } 1 \div 6) \cdot k_{\text{пр}}, \quad (35)$$

где $k_{\text{пр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента прочих расходов примем в размере 10%.

$С_{\text{проч.}} = (С_{\text{мат}} + С_{\text{зп}} + С_{\text{соц}} + С_{\text{эл.об.}} + С_{\text{ам}}) \cdot 0,1$

$C_{\text{проч.}} = (1981599,52 + 401356,25 + 120406,87 + 1962,25 + 10764,98) \cdot 0,1 = 251608,99 \text{ руб.}$

3.3.8 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 19.

Таблица 19 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и спец.оборудование	Смат	1981599,52
Основная заработная плата	Сзп	401356,25
Отчисления в социальные фонды	Ссоц	120406,87
Расходы на электроэнергию	Сэл.	1962,25
Амортизационные отчисления	Сам	10764,98
Прочие расходы	Спроч	251608,99
Итого:		2767698,86

Прибыль от реализации проекта в зависимости от конкретной ситуации (масштаб и характер получаемого результата, степень его определенности и коммерциализации, специфика целевого сегмента рынка и т.д.) может определяться различными способами. Так как мы не можем раскрывать точные данные приема прибыли в размере 20% от расходов на разработку проекта. В нашем случае это 553539,78 руб.

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это $(2767698,86 + 553539,78) * 0,2 = 664247,73$ руб.

Цена разработки НИР равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае

$$Ц_{\text{НИР}} = 2767698,86 + 553539,78 + 664247,73 = 3985486,37 \text{ руб.}$$

3.4 Оценка экономической эффективности проекта

Автоматизация узла учета газа является эффективной, так как позволяет улучшить технические характеристики объекта управления: производительность, удобство эксплуатации, помехоустойчивость, надежность, безопасность.

Модернизация АС узла учета газа позволит добиться экономического эффекта за счет снижения затрат предприятия на содержание и эксплуатацию оборудования. Оптимизация производства посредством автоматизации внутренних процессов, не требует существенных расходов на смену технологий и оборудования, но при этом повышает производительность всех процессов, которые участвуют в производстве.

При оптимизации автоматизацией происходит снижение объема трудозатрат за счет сокращения персонала или перевода его на новый фронт работы.

Автоматизация узла учета газа повысит надежность и безопасность производства, что положительно скажется на экономической составляющей, так как различного рода аварии и нештатные ситуации приводят к существенным материальным затратам. Однако количественная оценка ожидаемого экономического эффекта не может быть сделана в рамках данной работы ввиду отсутствия необходимых данных об условиях и масштабах применения данной разработки.

4 Социальная ответственность

В данном разделе ВКР рассматриваются вопросы обнаружения и анализа вредных и опасных факторов труда на рабочем месте оператора автоматизированной системы учета газа газокompрессорной станции, минимизация негативных последствий проектируемой деятельности в соответствии с требованиями санитарных норм и правил, техники безопасности и пожарной безопасности.

В проектируемой автоматизированной системе учета газа предлагается применение и внедрение новых и более точных приборов многофазной расходомерии. Уменьшение числа приборов по измерению основных параметров в блоке измерения качества газа и, как следствие, удешевление и упрощение всей системы. Коммерческий учет газа является одним из основных технологических циклов при подготовке товарного газа и последующей продаже, так как здесь происходит оценка рентабельности всей добычи.

В ВКР рассматривается автоматизация системы учета газа газокompрессорной станции. В данном разделе выпускной квалификационной работы дается характеристика рабочей зоны, которой является узел учета газа, непосредственно куда проектировалась автоматизированная система управления. Проанализированы опасные и вредные факторы.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Трудовые отношения между работником и работодателем регулируются Трудовым кодексом Российской Федерации.

График работы персонала должен соответствовать Главе 16 Трудового кодекса [28], регламентирующей режим рабочего времени.

Технологический процесс, протекающий на газокompрессорной станции является непрерывным. В связи с этим наиболее подходящим является сменный режим рабочего времени. Безопасность труда работника регламентируется «Системой стандартов безопасности труда» (ССБТ) [39].

4.2 Производственная безопасность

4.2.1 Анализ вредных и опасных производственных факторов

По природе действия опасные и вредные производственные факторы подразделяются на четыре группы: физические, химические, биологические и психофизиологические. Для выбора факторов необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные факторы. Классификация» [32]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в таблице 20.

Таблица 20 – Опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ		Нормативные документы
	Изготовление	Эксплуатация	
1.Превышение уровня вибрации	+	+	Вибрация – ГОСТ 31192.2-2005 [41] Шумы – СП 51.13330.2011 [42]
2.Превышение уровня шума	+	+	Электромагнитное излучение – СанПиН 2.2.4.1191-03 [43] Электробезопасность – ГОСТ Р
3.Повышенное значение электромагнитного излучения	+	+	12.1.019-2009 [44] Пожарная безопасность – СНиП 2.11.03-93 [45]
4.Электроопасность	+	+	Взрывобезопасность – ГОСТ 12.1.010-76 [46]

4.2.2 Анализ вредных факторов

4.2.2.1 Повышенный уровень шума

Шумом называют любой нежелательный звук или совокупность таких звуков. Длительное воздействие шума может отрицательно сказаться на здоровье работника, а в некоторых крайних случаях даже привести к глухоте. В производственном помещении, предназначенном для работы оператора

АСУ, источником шума служит персональный компьютер, различные периферийные устройства и т.п.

При выполнении работ на рабочих местах в помещениях цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах конторских помещениях предельно допустимое звуковое давление равно 75 дБА.

Нормирование уровней шума в производственных условиях осуществляется в соответствии с СП 51.13330.2011 [42].

Характеристикой постоянного шума на рабочих местах являются уровни звукового давления в Дб в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 Гц. Допустимым уровнем звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочем месте следует принимать данные из таблицы 21.

Таблица 21 – Допустимые уровни звукового давления

Помещения и рабочие места	Уровень звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц					Уровень звука, дБА
	63	125	250	1000	4000	
Помещения управления, рабочие комнаты	79	70	68	55	52	60

При разработке проектируемой системы добавилось электрооборудование, которое является источником шума, в том числе автоматические задвижки, электромагнитные реле, пожарные сигнализации, сигнализаторы загазованности. При этом основным источником шума являются работа задвижек, электроприводов.

В качестве рекомендаций для уменьшения негативного действия шума могут быть предприняты следующие меры:

- рациональная планировка производственного помещения, снижающая уровень шума (экранирование рабочего места);

- применение звукоизоляционных материалов;
- применение техники, производящей минимальный шум.

Наиболее простым и действенным способом облегчения работ, является кратковременные перерывы в течение рабочего дня при выключенных источниках шума.

4.2.2.2 Повышенный уровень вибрации

Гигиеническое нормирование вибраций регламентирует параметры производственной вибрации и правила работы с виброопасными механизмами и оборудованием, ГОСТ 31192.2-2005. Вибрация. измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека [41].

Вибрация определяется следующими основными параметрами:

- частота f , Гц;
- амплитуда колебаний d , мм.

Таблица 22 – Гигиенические нормы вибрации

Вид вибрации	Допустимый уровень вибростойкости, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц			
	2	4	8	50
Технологическая	108	99	93	92

Основными источниками вибрации в цехе пиролиза нефти являются работающие задвижки, электроприводы, насосные агрегаты.

Методы защиты от вибрации:

- снижение вибрации в источнике ее возникновения: замена динамических технологических процессов статическими, тщательный выбор режима работы оборудования, тщательная балансировка вращающихся механизмов;
- уменьшение параметров вибрации по пути ее распространения от источника: вибродемпфирование, виброгашение, виброизоляция, жесткое

присоединение агрегата к фундаменту большой массы. Средства индивидуальной защиты не требуются, так как вибрация не значительная.

4.2.2.3 Повышенный уровень электромагнитного излучения

Каждое устройство, которое производит или потребляет электроэнергию, создает электромагнитное излучение. Воздействие электромагнитных полей на человека зависит от напряжения электрического и магнитного полей, потока энергии, частоты колебаний, размера облучаемого тела. Нарушение в организме человека при воздействии электромагнитных полей незначительных напряжений носят обратимый характер.

На производстве имеется множество источников электромагнитных полей (высоко- и низковольтные кабели, шины, трансформаторы тока и напряжения, распределительные шкафы, шкафы управления, а также насосные агрегаты, работающие от сети переменного тока).

Согласно СанПиН 2.2.4.1191-03 – Электромагнитные поля в производственных условиях допустимые уровни магнитного поля и длительность пребывания работающих без средств защиты в электрическом поле приведены в таблице 23 [43].

Таблица 23 – Допустимые уровни магнитного поля и длительность пребывания

Время пребывания, час	Допустимые уровни МП, Н [А/м]/В [мкТл] при воздействии	
	Общем	Локальном
≤1	1600/2000	6400/8000
2	800/1000	3200/4000
4	400/500	1600/2000
8	80/100	800/100

После внедрения автоматизированного комплекса, уровень магнитного поля не превышает 200 А/м, а время пребывания обслуживающего персонала

не более 2 часов в смену. Трансформаторы (активная часть) – помещены в металлический маслonaполненный бак, вся коммутационная аппаратура устанавливается в металлических шкафах.

Уровень влияния магнитного поля незначителен, следовательно, дополнительных средств защиты от магнитного излучения не требуется.

4.2.3 Анализ опасных факторов

4.2.3.1 Электробезопасность

Требования электробезопасности данного объекта направлены на создание условий эксплуатации оборудования, при которых исключается образование электрической цепи через тело человека. Под действием тока сокращаются мышцы тела. Если человек взялся за находящуюся под постоянным напряжением часть оборудования, он, возможно, не сумеет оторваться от нее без посторонней помощи.

Во время монтажа и эксплуатации линий электросети необходимо полностью сделать невозможным возникновение электрического источника возгорания в следствии короткого замыкания и перегрузки проводов, ограничивать применение проводов с легковоспламеняющейся изоляцией и, по возможности, перейти на негорючую изоляцию.

Линия электросети для питания шкафов автоматики, периферийных устройств и оборудования для обслуживания, ремонта и наладки шкафов автоматики выполняется как отдельная групповая трехпроводная сеть, путем прокладки фазового, нулевого рабочего и нулевого защитного проводников. Нулевой защитный проводник используется для заземления (зануление) электроприемников и прокладывается от стойки группового распределительного щита, распределительного пункта к розеткам питания.

Использование нулевого рабочего проводника как нулевого защитного проводника запрещается, а также не допускается подключение этих проводников на щите к одному контактному зажиму.

Площадь перерезу нулевого рабочего и нулевого защитного проводника в групповой трехпроводной сети должна быть не меньше площади перерезу фазового проводника. Все проводники должны отвечать номинальным параметрам сети и нагрузки, условиям окружающей среды, условиям деления проводников, температурному режиму и типам аппаратуры защиты, требованиям ПОЭ.

При проектировании автоматизированной системы добавилось большое количество электроприборов, таких как датчики, исполнительные механизмы с электроприводами.

Данное оборудование работает от постоянного тока, с напряжением 24 В, относительная влажность воздуха 50 %, средняя температура около 24°C.

Для указанных электроприборов никаких дополнительных средств электрозащиты не требуется, т. к. при низковольтном напряжении 24 В, вероятность поражения током маловероятна. Для гашения дуги исполнительных реле были подобраны реле со встроенным дугогасительным устройством.

Контроллерное оборудование, исполнительные нагревательные элементы работают от сети переменного напряжения 220 В и частотой 50 Гц. Данное оборудование подключено через распределительный шкаф. Эти виды оборудования являются потенциальными источниками опасности поражения человека электрическим током. При осмотре, работе, наладке этого оборудования возможен удар током при соприкосновении с токоведущими частями оборудования.

Для обеспечения безопасности в данном случае необходимо установить защитные барьеры или ограждения вблизи от распределительного шкафа, поставить табличку «Опасно. Высокое напряжение» [44].

Для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям необходима изоляция токоведущих частей, в связи с этим установлены защитное отключение, защитное заземление и зануление.

4.3 Экологическая безопасность.

4.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду.

Газовый фактор на месторождении имеет очень высокие показатели. В данный момент на одну тонну извлекаемой из некоторых скважин жидкости приходится тысяча с лишним кубометров газа, – своеобразный рекорд компании, на других месторождений которой этот показатель многократно ниже (от десяти до шестидесяти куб. м. на 1 т).

Работа станции предотвращает выбросы в атмосферу десятков тысяч тонн продуктов сжигания, в том числе диоксида углерода, относящегося к категории парниковых газов. К настоящему времени уровень утилизации попутного нефтяного газа на месторождении превышает установленную правительством РФ плану в девяносто пять процентов.

4.3.2 Анализ влияния процесса эксплуатации объекта на окружающую среду.

В процессе эксплуатации автоматизированной системы учета газа, а именно замера, анализа и учета газа, появляются источники негативного химического воздействия на окружающую среду.

По влиянию и длительности воздействия данные источники загрязнения относятся к прямым и постоянно действующим. Предельно допустимые выбросы в атмосферу определяются методикой по нормированию и определению выбросов вредных веществ в атмосферу. Утечка газа влечет за собой выделение низкомолекулярных углеводородов с примесями, например, алканы и циклоалканы. Алканы сравнительно малоядовиты и поддаются биологическому разложению, в отличие от циклоалканов, которые плохо поддаются биологическому разложению.

4.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.

Мероприятия, направленные на сокращение и уменьшение воздействия на окружающую среду, условно подразделяются на профилактические и технологические.

Профилактические обеспечивают безаварийную работу оборудования. Технологические способствуют сокращению объемов выбросов и снижению их приземных концентраций.

Общие профилактические мероприятия, направленные на сокращение и уменьшение воздействия на окружающую среду:

- устройство и озеленение площадки;
- поддержание в полной технической исправности и герметичности резервуаров и емкостей, технологического оборудования и трубопроводов;
- планово–предупредительные ремонты технологического оборудования, выполняемые по утвержденным планам–графикам специализированными бригадами предприятия;
- контроль сварных стыков физическими методами;
- гидравлическое испытание трубопроводов, резервуаров и оборудования на прочность и герметичность;
- контролируемый и планируемый слив воды после гидроиспытаний;
- высокие требования к качеству металла труб;
- необходимый запас надежности по толщине стенки труб.

Общие технологические мероприятия, направленные на сокращение и уменьшение воздействия на окружающую среду:

- покрытие оборудования и трубопроводов антикоррозионной изоляцией;
- защита оборудования от атмосферной коррозии;
- система постоянного контроля регламентированных значений технологических параметров, автоматическое регулирование и система ПАЗ при отклонении от заданных параметров для предупреждения аварийных ситуаций.

На предприятии проводятся мероприятия по уменьшению удельных показателей выбросов, в частности установка фильтров на дыхательные клапаны сепараторов, отстойниках.

- Воздействие на селитебные зоны не распространяется в связи удаленностью данного предприятия от жилой зоны.
- Воздействие на атмосферу незначительное, т. к. системы противоаварийной защиты позволяют быстро реагировать на любые утечки, аварии и другие опасные ситуации. При этом все технологические аппараты оснащены защитными фильтрами.
- Воздействие на гидросферу. С целью охраны водоемов от попадания загрязненных стоков, все промышленные стоки направляются по системе трубопроводов на очистные сооружения с последующей подачей их в систему поддержки пластового давления.
- Воздействие на литосферу. В связи с тем, что для производства и обслуживания оборудования средств автоматизации необходимы ресурсы, оказывается влияние на литосферу, а именно на недра земли, добыча ископаемых. В этом случае мы не можем повлиять на защиту литосферы, однако после использования оборудования необходимо его утилизировать в соответствующих местах утилизации.

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

4.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.

В общем, перечень возможных ЧС на объекте исследования может быть достаточно широк. Ограничиваясь местоположением объекта и условиями его эксплуатации, горючие природные газы относятся к группе веществ, образующих с воздухом взрывоопасные смеси. Концентрационные пределы распространения пламени для метана в смеси с воздухом составляют: нижний концентрационный предел распространения пламени – 4,4 %, верхний концентрационный предел распространения пламени – 17 % по [45].

По вероятности образования взрывоопасной концентрации паров нефти в смеси с воздухом сооружения станции относятся:

- здание узла учета газа к классу В–1 А;
- электротехническое оборудование станции (электроприводы, пусковая аппаратура, светильники и т.д.) имеют взрывозащищенное исполнение [46].

В лаборатории газ находится в небольших количествах, однако вероятность воспламенения и даже взрыва сохраняется.

4.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследований.

Пожар на территории может возникнуть вследствие причин неэлектрического и электрического характера.

К причинам неэлектрического характера относятся халатное и неосторожное обращение с огнем (курение, оставление без присмотра нагревательных приборов).

К причинам электрического характера относятся: - короткое замыкание; - перегрузка проводов; - большое переходное сопротивление; - искрение; - статическое электричество.

Режим короткого замыкания – появление в результате резкого возрастания силы тока, электрических искр, частиц расплавленного металла, электрической дуги, открытого огня, воспламенившейся изоляции.

Причины возникновения короткого замыкания:

- ошибки при проектировании;
- старение изоляции;
- увлажнение изоляции;
- механические перегрузки.

Пожарная опасность при перегрузках – чрезмерное нагревание отдельных элементов, которое может происходить при ошибках проектирования в случае длительного прохождения тока, превышающего номинальное значение.

Пожарная опасность переходных сопротивлений – возможность воспламенения изоляции или других близлежащих горючих материалов от тепла, возникающего в месте аварийного сопротивления (в переходных клеммах, переключателях и др.).

4.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.

После внедрения автоматизированной системы управления добавилось электрооборудование, которое потенциально повышает вероятность воспламенения. В связи с этим все датчики были подобраны во взрывобезопасном исполнении, дополнительно были заказаны искробезопасные цепи.

Возникшее пламя при пожаре в блоке узла учета газа можно потушить одним из следующих способов:

- удаление горючих материалов;
- прекращение доступа кислорода;
- охлаждение горящего вещества ниже его температуры воспламенения;
- узел учета газа должен быть оснащен первичными средствами пожаротушения (вода, огнетушители, песок).

Также в блоке узла учета газа была внедрена система автоматического тушения пожаров (АПТ) предназначенная для автоматического обнаружения очага пожара в защищаемых сооружениях с включением пожарной сигнализации и подачи пены к очагу пожара.

Таким образом, можно прийти к выводу, что узел учета газа оснащен всеми необходимыми средствами пожаротушения и в дополнительных средствах нет необходимости.

В связи с тем, что основной рабочей зоной является коммерческий узел учета газа, то необходимо рассмотреть взрывобезопасность. Взрывоопасными

являются трубопроводы в которых происходит замер показателей качества газа, места соединений с исполнительными механизмами. В первую очередь необходимо распределительный шкаф автоматики вынести за блок бокс коммерческого узла учета газа.

Для предотвращения образования взрывоопасной среды и обеспечение в воздухе производственных помещений содержания взрывоопасных веществ применялось герметичное производственное оборудование, вмонтированы системы рабочей и аварийной вентиляции, установлен отвод, удаление взрывоопасной среды и веществ, способных привести к ее образованию в соответствии с ГОСТ 12.1.010-76 – Взрывобезопасность [46].

Установлены дополнительно датчики загазованности, для контроля состава воздушной среды.

4.5 Вывод по разделу социальная ответственность

В данной главе выпускной квалификационной работы были рассмотрены вредные и опасные производственные факторы, оказывающие влияние на здоровье человека, а также нормативные документы, регулирующие их воздействие на человека.

Были описаны обоснованные мероприятия по снижению уровня воздействия этих факторов, влияние технологического процесса на экологическую безопасность. Также было выяснено, что возможными чрезвычайными ситуациями на объекте являются возникновение пожара и взрыв, поэтому предусмотрен ряд мероприятий для предотвращения возникновения указанных ЧС.

Заключение

В результате выполненной работы была разработана автоматизированная система учета газа ГКС. Были разработаны структурная и функциональная схемы автоматизации узла учета, позволяющие определить состав необходимого оборудования и количество каналов передачи данных и сигналов. Системы автоматизации, диспетчерского контроля и управления были спроектированы на базе полевых устройств фирмы Siemens, Rosemount, промышленных контроллеров Siemens SIMATIC S7 – 1500 и программного SCADA–пакета SIMATIC WinCC Professional V15.1.

В данном проекте была разработана схема внешних проводок, позволяющая понять систему передачи сигналов от полевых устройств на щит КИПиА и АРМ оператора и, в случае возникновения неисправностей, легко их устранить. Для управления технологическим оборудованием и сбором данных были разработаны алгоритмы управления сбором данных. Для поддержания давления газа в трубопроводе был выбран способ регулирования давления и разработан алгоритм автоматического регулирования давления. В заключительной части ВКР были разработаны экранные формы, мнемосхемы узла учета газа. Проведена разработка типовых экранных форм системы учета газа.

Таким образом, спроектированная САУ не только удовлетворяет текущим требованиям к системе автоматизации, но и имеет высокую гибкость, позволяющую изменять и модернизировать разработанную САУ в соответствии с возрастающими в течение всего срока эксплуатации требованиями. Кроме того, SCADA–пакет, который используется на всех уровнях автоматизации ГРС, позволяет заказчику сократить затраты на обучение персонала и эксплуатацию систем.

Список источников

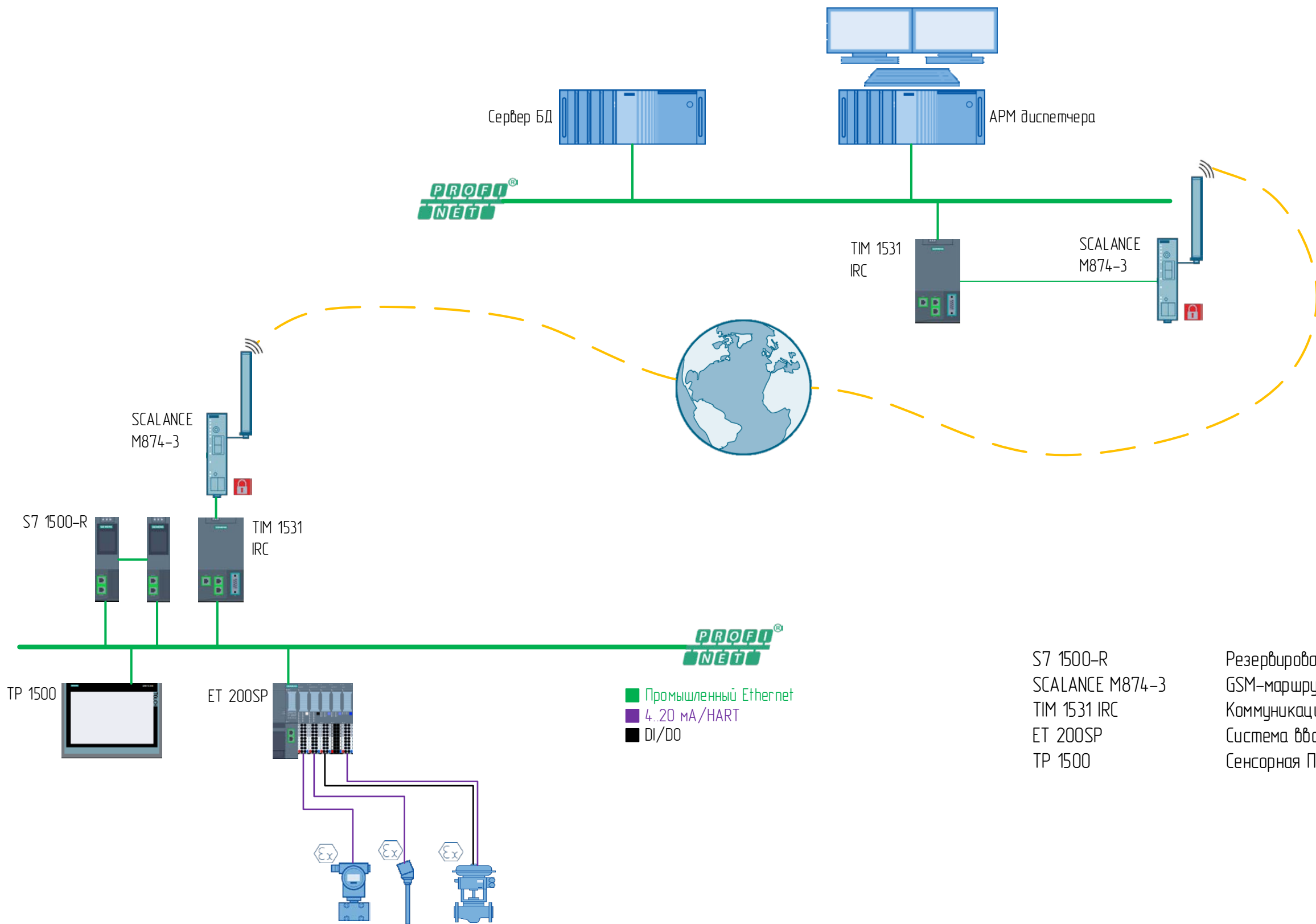
1. ГОСТ 21.408-13 Автоматизированная система управления. Общие требования. М.: Стандартиформ, 2014, – 42с.
2. Клюев А. С., Глазов Б. В., Дубровский А. Х., Клюев А. А.; под ред. А.С. Клюева. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
3. Комиссарчик В.Ф. Автоматическое регулирование технологических процессов: учебное пособие. Тверь 2001. – 247 с.
4. ГОСТ 24.104-85. Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Автоматизированные системы управления. Общие требования. - Москва: Изд-во стандартов, 1985, – 18 с.
5. Попович Н. Г., Ковальчук А.В., Красовский Е.П., Автоматизация производственных процессов и установок. – К.: Вищашк. Головное изд-во, 1986. – 311с.
6. А. А. Коршак, А. М. Шаммазов. Основы нефтегазового дела. Дизайн ПолиграфСервис Уфа, 2005
7. Комягин А. Ф., Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП газонефтепроводов. Ленинград, 1983. – 376 с.
8. Промышленный Ethernet [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: http://www.bookasutp.ru/Chapter2_9.aspx (дата обращения: 4.05.2020).
9. ГОСТ 21.208 – 13 Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах М.: Стандартиформ, 2013, – 31с.
10. Громаков Е. И., Лиепиныш А.В. Проектирование автоматизированных систем управления нефтегазовыми производствами: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2016, – 371с.
11. Каталог продукции фирмы Allen-Bradley. Контроллеры. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elec.ru/brands/allen-bradley/catalogue/>, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 11.04.2020 г.

12. Каталог продукции фирмы Scheider Electric. Контроллеры. [Электронный ресурс]. URL:<https://www.se.com/ru/ru/product-subcategory/3950-ПЛИК/>, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 12.04.2020 г.
13. Каталог продукции фирмы SIEMENS AG. Контроллеры. [Электронный ресурс]. URL:<https://www.siemens-ru.com/taxonomy/term>, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 12.04.2020 г.
14. Каталог продукции фирмы Rosemount. Датчики давления Метран 150. [Электронный ресурс]. URL:<https://www.emerson.ru/ru-ru/catalog/metran-150-ru-ru> свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 12.04.2020г.
15. Каталог продукции фирмы Rosemount. Датчики давления Rosemount. [Электронный ресурс]. URL:<https://www.emerson.ru/ru-ru/catalog/rosemount-sku-3051-dp-flow-transmitter-ru-ru> свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 12.04.2020 г.
16. Каталог продукции фирмы Элемер. Датчики давления. [Электронный ресурс]. URL:https://www.elemer.ru/production/pressure/air_30m.php свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 12.04.2020г.
17. Каталог продукции фирмы Rosemount. Датчики температуры Метран 150. [Электронный ресурс]. URL:<https://www.emerson.ru/ru-ru/automation/measurement-instrumentation/temperature-measurement/about-temperature-sensors> свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 12.04.2020 г.
18. Каталог продукции фирмы Элемер. Датчики температуры. [Электронный ресурс]. URL:https://www.elemer.ru/production/temperature/pt_0304_vt.php свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения:
19. Типы расходомеров газа: преимущества и недостатки. [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://intelpribor.ru/blog/tipy-sushchestvuyushchikh-raskhodomeroi/> (дата обращения: 13.05.2020).

20. Turbo Flow UFG-F [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://www.turbo-don.ru/rasxodomeryi-schetchiki-gaza-ultrazvukovyye-turbo-flow-ufg> (дата обращения: 14.05.2020).
21. FLOWSIC600 [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://www.sick.com/ru/ru/ultrasonic-gas-flow-measuring-devices/gas-flow-meters/flowsic600/flowsic600/p/p76996> (дата обращения: 14.05.2020).
22. Daniel 3415 [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://www.emerson.ru/ru-ru/catalog/automation-solutions-ru-ru/measurement-instrumentation-ru-ru/ultrasonic-ru-ru/daniel-3415-ru-ru> (дата обращения: 14.05.2020).
23. Регулирующие и запорно-регулирующие клапаны [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://www.mkt-asdm.ru/catalog/klapany-reguliruyushchie-i-zaporno-reguliruyushchie/> (дата обращения: 15.05.2020).
24. Каталог продукции фирмы AUMA. Электропривод. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.global-industry.ru/partners/auma?yclid=2624413884192153002>, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 15.04.2020 г.
25. Кабель КВВГЭ нг [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: http://www.podolskkabel.ru/catalog/kvvngals_kvvgengals (дата обращения: 16.05.2020).
26. ГОСТ 19.701-90. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Условные обозначения и правила выполнения. - Москва: Изд-во стандартов, 1990, 21 с.
27. Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2006. 399 с.
28. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018).
29. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

30. ГОСТ 23000-78. Система «человек-машина». Пульты управления. Общие эргономические требования.
31. "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 24.04.2020)
32. ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные факторы. Классификация». - Москва: Изд-во стандартов, 1974, 5 с.
33. ГОСТ 2.701-2008 «ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению».
34. ГОСТ 21.208-2013 «Автоматизация технологических процессов».
35. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах».
36. ТЕПЛОПРИБОР [Электронный ресурс] //URL: теплоприбор.рф.
37. Эксплуатация компрессорных станций магистральных газопроводов. Официальное издание, М.: Нефть и газ, 1999.
38. Группа приборостроительных компаний Энергия-Источник и ИТеК ББМВ [Электронный ресурс] //URL: <http://www.eni-bbmrv.ru>.
39. ГОСТ Р 12.0.001-2013. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Основные положения.
40. ГОСТ 12.0.003-2015. Опасные и вредные факторы. Классификация.
41. ГОСТ 31192.2-2005. Вибрация. измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека.
42. СП 51.13330.2011. Защита от шума.
43. СанПиН 2.2.4.1191-03 – Электромагнитные поля в производственных условиях.
44. ГОСТ Р 12.1.019 – 2009. Электробезопасность.
45. ГОСТ 30852.19–2002 (МЭК 60079–20:1996) Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 20. Данные по горючим газам и парам, относящиеся к эксплуатации электрооборудования
46. ГОСТ 12.1.010-76. Взрывобезопасность.

Приложение А
(Обязательное)
Структурная схема



- S7 1500-R

SCALANCE M874-3

TIM 1531 IRC

ET 200SP

TP 1500
- Резервированные контроллеры

GSM-маршрутизатор

Коммуникационный модуль

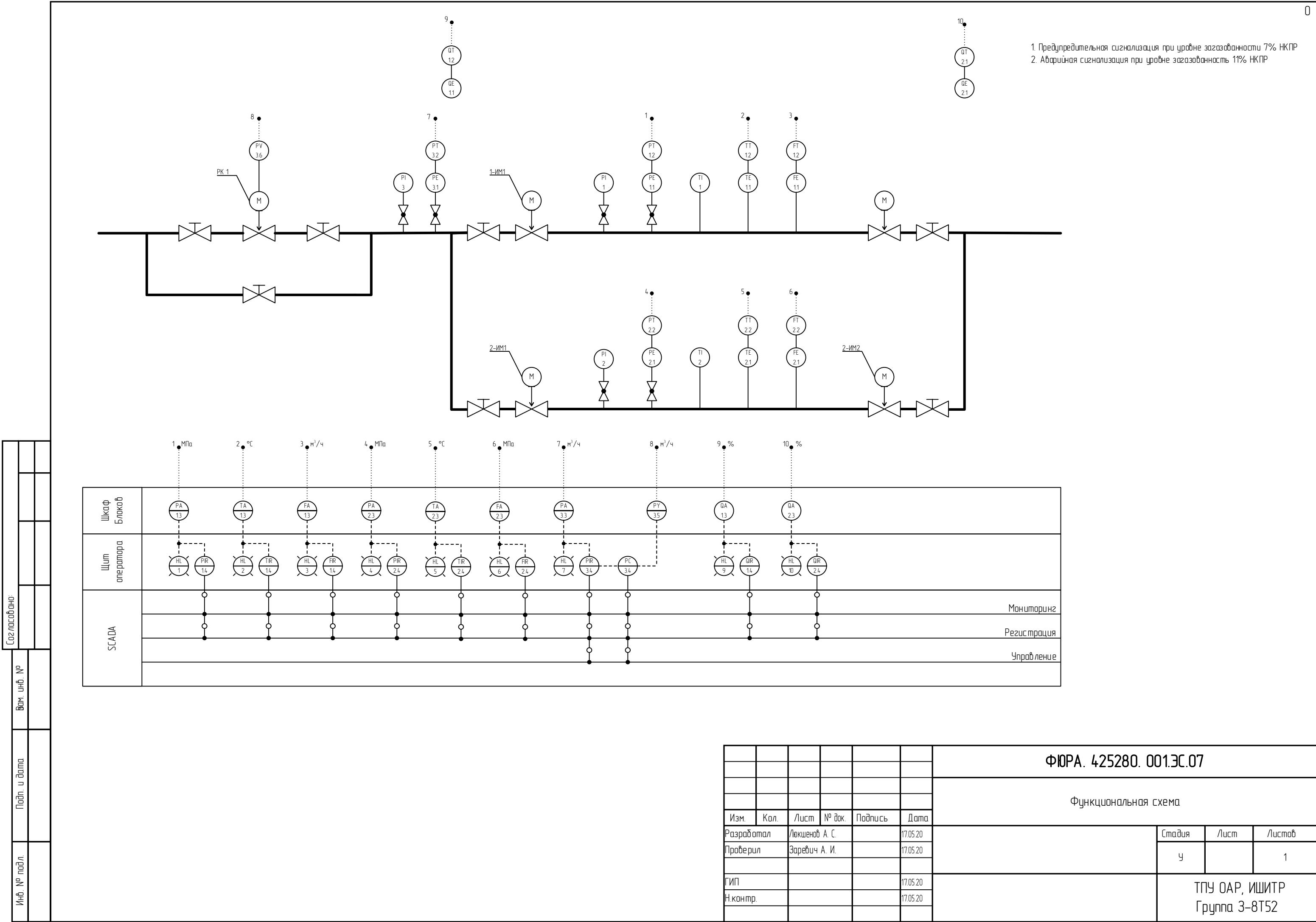
Система ввода-вывода

Сенсорная Панель (HMI)

Согласовано:				
Вам. инв. №				
Подп. и дата				
Инв. № подл.				

						ФЮРА. 425280. 001 ЭС 03		
						Структурная схема		
Изм.	Кол.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		Стадия	Лист
Разработал			Люкшенов А. С.		17.05.20			Листов
Проверил			Заребич А. И.		17.05.20		У	1
ГИП					17.05.20		ТПУ ОАР, ИШИТР Группа 3-8Т52	
Н.контр.					17.05.20			

Приложение Б
(Обязательное)
Функциональная схема



Приложение В
(Обязательное)
Схема информационных потоков

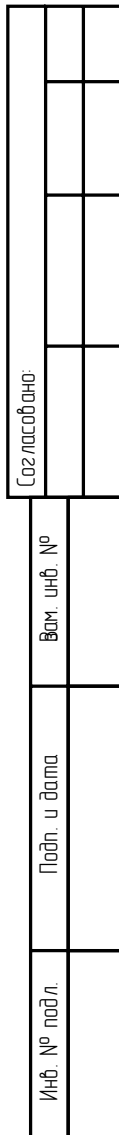


Схема информационных потоков

						ФЮРА. 425280. 001 ЭС 03			
						Схема информационных потоков			
Изм.	Кол.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		Стадия	Лист	Листов
Разработал		Люкшенов А. С.			17.05.20				
Проверил		Заревич А. И.			17.05.20		У		1
ГИП					17.05.20		ТПУ ОАР, ИШИТР Группа 3-8Т52		
Н.контр.					17.05.20				

Приложение Г

(Обязательное)

Перечень входных / выходных сигналов

Наименование сигнала				Идентификатор сигнала	Тип сигнала	Диапазон измерения	Единицы измерения	Технологические уставки				0
								Предупредительные		Аварийные		
								min	max	min	max	
Температура на ИЛ-1				TMP_IL1_WORK	AI	0...+100	°C	+	+	+	+	
Температура на ИЛ-2				TMP_IL2_WORK	AI	0...+100	°C	+	+	+	+	
Давление на ИЛ-1				PRS_IL1_WORK	AI	0...10	МПа	+	+	+	+	
Давление на ИЛ-2				PRS_IL2_WORK	AI	0...10	МПа	+	+	+	+	
Расход на ИЛ-1				FLW_IL1_WORK	AI		м³/ч	+	+	+	+	
Расход на ИЛ-2				FLW_IL1_WORK	AI		м³/ч	+	+	+	+	
Давление в коллекторе				PRS_GCR_WORK	AI	0...10	МПа	+	+	+	+	
РК 1 Задание				KL_RK1_SP	AO		% (0...100)	-	-	-	-	
РК 1 Актуальное положение				KL_RK1_OPND	AI		% (0...100)	-	-	-	-	
РК 1 Открыто				KL_RK1_POPN	DI	-	-	-	-	-	-	
РК 1 Закрыто				KL_RK1_PCLS	DI	-	-	-	-	-	-	
РК 1 Остановлено				KL_RK1_STPD	DI	-	-	-	-	-	-	
РК 1 Авария				KL_RK1_ALRM	DI	-	-	-	-	-	-	
1 ИМ1 Открыть				KL_1IM1_OPN	DO	-	-	-	-	-	-	
1 ИМ1 Закрыть				KL_1IM1_CLS	DO	-	-	-	-	-	-	
1 ИМ1 Стоп				KL_1IM1_STP	DO	-	-	-	-	-	-	
1 ИМ1 Открыто				KL_1IM1_POPN	DI	-	-	-	-	-	-	
1 ИМ1 Закрыто				KL_1IM1_PCLS	DI	-	-	-	-	-	-	
1 ИМ1 Остановлено				KL_1IM1_STPD	DI	-	-	-	-	-	-	
1 ИМ1 Авария				KL_1IM1_ALRM	DI	-	-	-	-	-	-	
1 ИМ2 Открыть				KL_1IM2_OPN	DO	-	-	-	-	-	-	
1 ИМ2 Закрыть				KL_1IM2_CLS	DO	-	-	-	-	-	-	
1 ИМ2 Стоп				KL_1IM2_STP	DO	-	-	-	-	-	-	
1 ИМ2 Открыто				KL_1IM2_POPN	DI	-	-	-	-	-	-	
1 ИМ2 Закрыто				KL_1IM2_PCLS	DI	-	-	-	-	-	-	
1 ИМ2 Остановлено				KL_1IM2_STPD	DI	-	-	-	-	-	-	
1 ИМ2 Авария				KL_1IM2_ALRM	DI	-	-	-	-	-	-	
2 ИМ1 Открыть				KL_2IM1_OPN	DO	-	-	-	-	-	-	
2 ИМ1 Закрыть				KL_2IM1_CLS	DO	-	-	-	-	-	-	
2 ИМ1 Стоп				KL_2IM1_STP	DO	-	-	-	-	-	-	
2 ИМ1 Открыто				KL_2IM1_POPN	DI	-	-	-	-	-	-	
2 ИМ1 Закрыто				KL_2IM1_PCLS	DI	-	-	-	-	-	-	
2 ИМ1 Остановлено				KL_2IM1_STPD	DI	-	-	-	-	-	-	
2 ИМ1 Авария				KL_2IM1_ALRM	DI	-	-	-	-	-	-	
2 ИМ2 Открыть				KL_2IM2_OPN	DO	-	-	-	-	-	-	
2 ИМ2 Закрыть				KL_2IM2_CLS	DO	-	-	-	-	-	-	
2 ИМ2 Стоп				KL_2IM2_STP	DO	-	-	-	-	-	-	
2 ИМ2 Открыто				KL_2IM2_POPN	DI	-	-	-	-	-	-	
2 ИМ2 Закрыто				KL_2IM2_PCLS	DI	-	-	-	-	-	-	
2 ИМ2 Остановлено				KL_2IM2_STPD	DI	-	-	-	-	-	-	
2 ИМ2 Авария				KL_2IM2_ALRM	DI	-	-	-	-	-	-	
Согласовано:												
Вам инв. №												
Подп. и дата												
Инв. № подл.												
ФЮРА.425280.001.ЭС.3												
Перечень входных/выходных сигналов												
Изм. Кол. Лист № док. Подпись Дата												
Разработал Люкшенов А. С. 17.05.20												
Проверил Заребич А. И. 17.05.20												
ГИП 17.05.20												
Н.контр. 17.05.20												
Утвердил 17.05.20												
Стация Лист Листов												
У 1												
ТПУ ИнЭО												
Группа 3-8Т52												

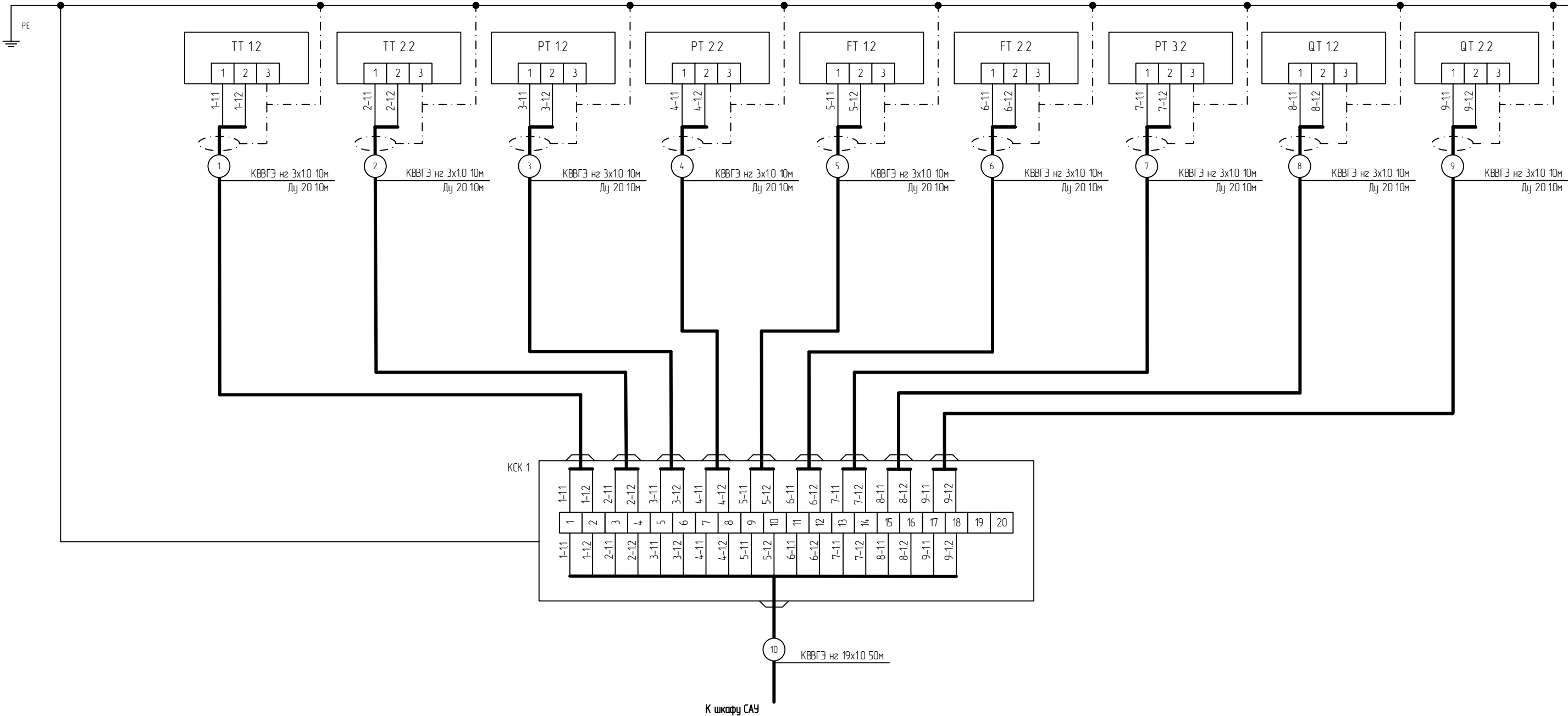
Приложение Д

(Обязательное)

Схема соединения внешних проводок

Согласовано			
Вам инб. №			
Подп. и дата			
Инб. № подл.			

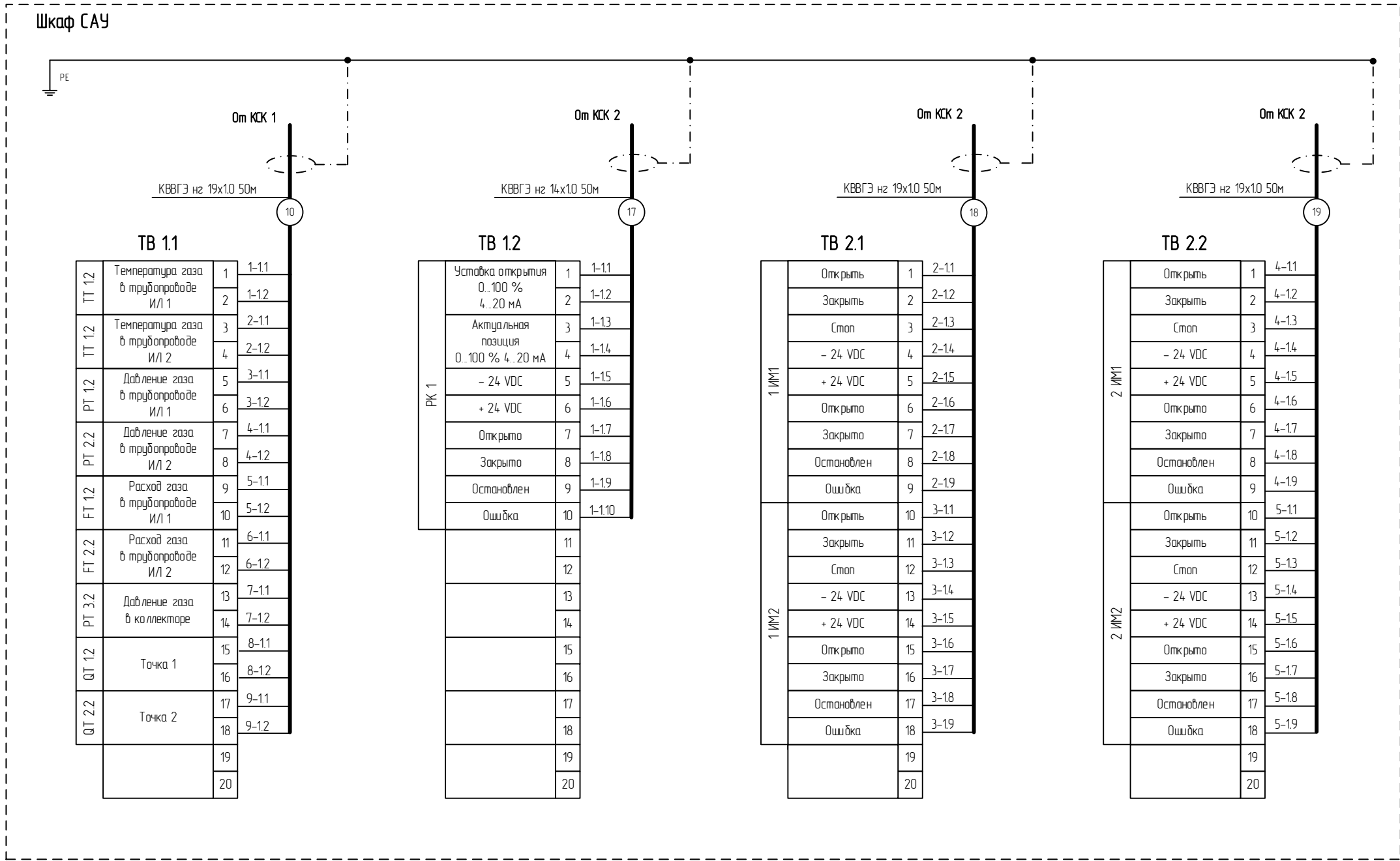
Наименование параметра	Температура		Давление		Расход		Давление	Загазованность	
Место отбора импульса	ИЛ-1	ИЛ-2	ИЛ-1	ИЛ-2	ИЛ-1	ИЛ-2	Коллектор	Точка 1	Точка 2
Тип датчика	ПТ 0304Exd BT	ПТ 0304Exd BT	ЭЛЕМЕР-АИР-30М	ЭЛЕМЕР-АИР-30М	Daniel 3415	Daniel 3415	ЭЛЕМЕР-АИР-30М	СГОЭС	СГОЭС
Позиция	ТТ 1.2	ТТ 2.2	РТ 1.2	РТ 2.2	FT 1.2	FT 2.2	РТ 3.2	QT 1.2	QT 2.2



						ФЮРА. 425280. 001.ЭС.05				
						Схема соединения внешних проводов				
Изм.	Кол.	Лист	№ док.	Подпись	Дата					
Разработал		Люкшенов А. С.			17.05.20			Стадия	Лист	Листов
Проверил		Заревич А. И.			17.05.20			У		1
								ТПУ ИнЭО Группа 3-8Т52		
ГИП					17.05.20					
Н.контр.					17.05.20					
Утвердил					17.05.20					

ΦЮРА. 425280. 001.3C.05

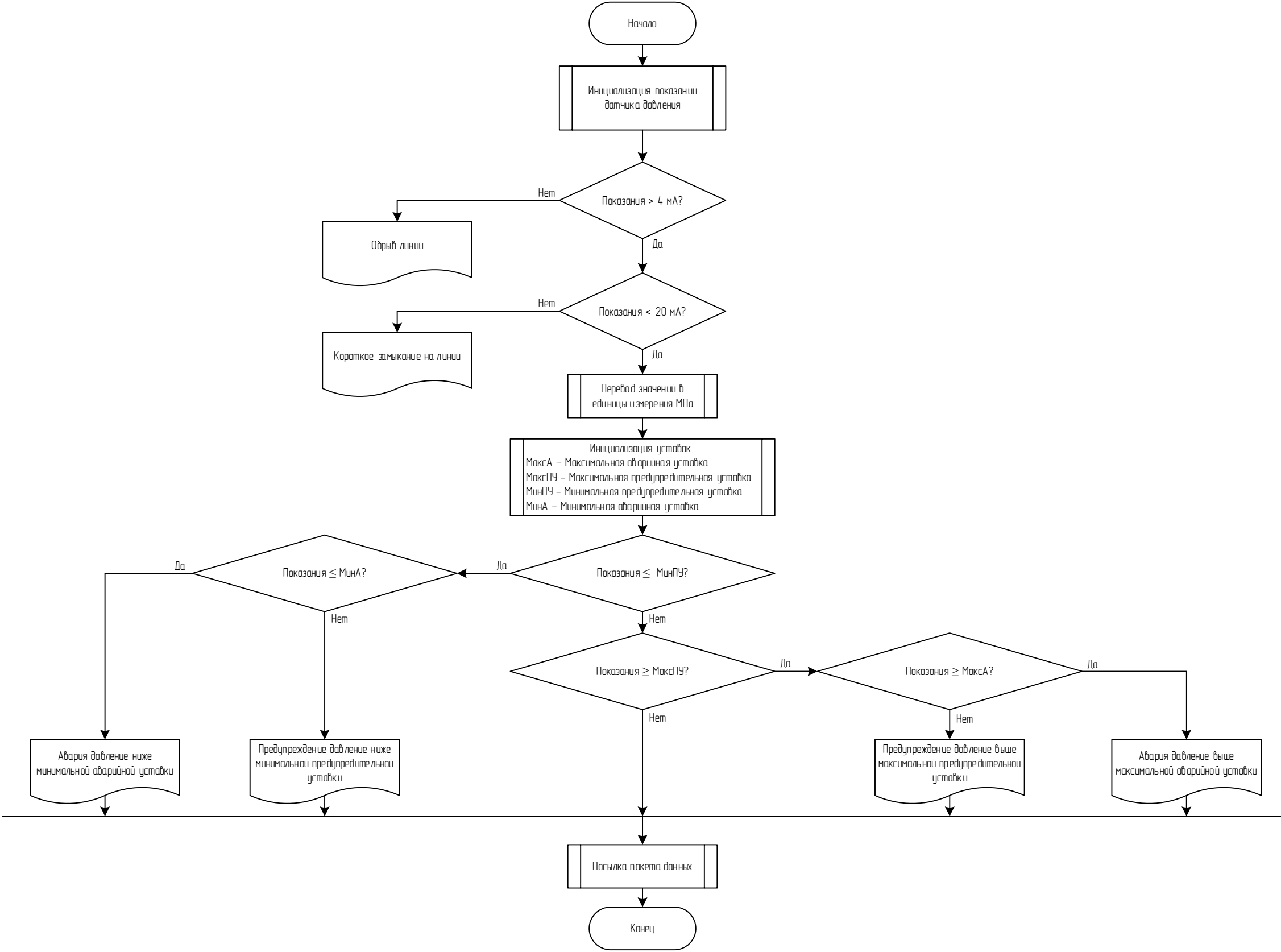
Инд. № подл.	Подп. и дата	Вам инд. №



Изм.	Кол.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

ФЮРА. 425280. 001.3С.05

Приложение Е
(Обязательное)
Блок схема алгоритма



Создано:					
Вам. инв. №					
Подп. и дата					
Инв. № подл.					

						ФЮРА.425280.001.ЭС.15			
						Блок схема алгоритма			
Изм.	Кол.	Лист	№ док.	Подпись	Дата				
Разработал		Люкшенов А. С.			17.05.20	Алгоритм сбора данных с датчиков	Стадия	Лист	Листов
Проверил		Заревич А. И.			17.05.20		У		1
ГИП					17.05.20		ТПУ ИнЭО Группа 3-8Т52		
Н.контр.					17.05.20				
Утвердил					17.05.20				